

用电信息采集系统通信技术应用研究

华为企业业务Marketing与解决方案规划设计部 张磊\侯超\翁新瑜

摘要：智能用电是智能电网的重要环节，用电信息采集系统是智能用电的技术实现，双向通信技术是用电信息采集系统的重要组成部分，本文介绍了几种主要的通信技术的优缺点及在用电信息采集系统中的应用。

关键词：智能电网、智能用电、用电信息采集系统、通信技术

用电信息采集系统通信网络概述

智能用电是智能电网的重要环节，是连接供电部门与用户的枢纽，其所实现的双向互动供电，将会实现电网企业与电力用户之间的信息互动、需求交互、和谐共赢，使得社会效益最大化^[1]。用电信息采集系统是智能用电的技术实现，是用来测量、收集、储存、分析和运用用户用电信息的完整网络和系统。用电信息采集系统的建立将彻底改变电力流和信息流单向流动的现状，为用户与电网的双向全面互动提供平台和技术支持。通过与电网的信息交互，用户将随时掌握电网的负荷情况和电价信息，从而主动参与电网运行。同时，用户侧储能装置和分布式可再生能源的接入将在电价政策的合理引导下，减小电网负荷的峰谷差，提高电力设施的利用率。

用电信息采集系统是多种技术和应用集成的解决方案，主要由智能电表、通信网络、数据采集平台、高级应用4个部分组成，如图1所示。

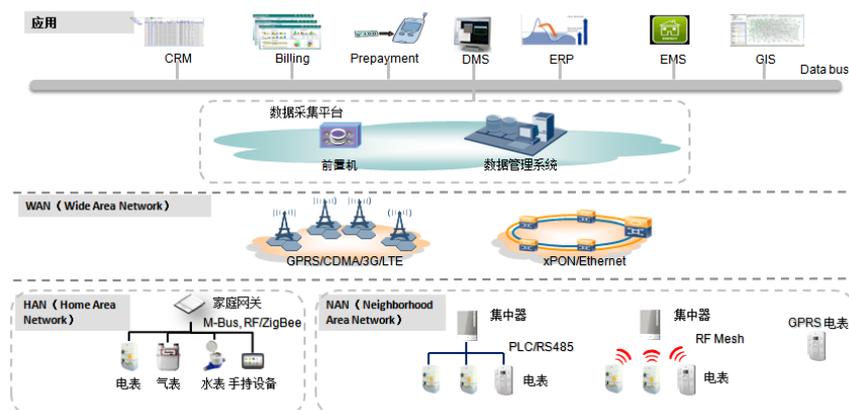


图1 用电信息采集系统网络结构图

其中通信网络采用固定的双向通信网络，能够每天多次读取智能电表，并把表计信息近于实时地从电能表传到数据中心。同时，用电信息采集系统可以把每天的实时电价信息传递给用电终端设备，使用户可以根据电价信息及时调整用电策略和用电时段。此外，通信网络还需融合多种通信方式、兼容多种通信协议。按照系统层次，通信网络可以分为3个部分。WAN（Wide Area Network）：连接集中器（或家庭网关）与数据采集平台；NAN（Neighborhood Area Network）：连接电表与集中器（或采集器）；HAN（Home Area Network）：把家庭网关（智能电表）与用户户内可控的电器或装置连接起来，使得用户能根据电力公司的需要，积极参与需求响应或电力市场。它接受电表的计量值和电力公司的价格信息，并把这些信息连续地、近于实时地显示给用户，使用户能及时、准确地了解用电情况、费用和市场信息。同时，鼓励用户节约用电，根据市场或系统的要求调整其用电习惯。

用电信息采集系统采用的通信技术

用电信息采集系统采用的通信技术按照通信介质分为有线通信、无线通信两大类。其中有线通信又分为RS485总线通信、电力线载波通信、光纤通信。无线通信又分为GPRS、LTE、RF Mesh、ZigBee、M-Bus。下面就几种常用的通信方式做比较研究。

1. RS485 总线

RS485总线是一种国际性的开放式的现场总线标准，在远程有线数字通信领域使用非常广泛。RS485总线采用双绞线差分传输方式，可连接成半双工和全双工两种通信方式，最远传输距离为1200m，最大传输速率为10Mb/S，传输速率与传输距离成反比，在100Kb/S的传输速率下，才可以达到最大的通信距离，如果需传输更长的距离，需要加485中继器。

RS485总线通信具有以下优缺点：优点是技术成熟、简单，抗干扰能力强，在通信信道正常的情况下通信可靠、稳定，可实现实时通信；缺点是布线工作大，通信信道易受人为损坏、易大范围损坏，损坏后故障排除困难、恢复慢，信道后续维护量大。

RS485总线技术适用于用电信息采集系统中的NAN网络。

2. 电力线载波通信

电力线载波通信（PLC, Power Line Carrier）是电力系统特有的一种通信方式，是指利用现有电力线，通过载波方式将模拟或数字信号进行高速传输的技术。电力线载波又分为输电线载波（TLC, Transmission Line Carrier）、配电线载波（DLC, Distribution Line Carrier）和低压配电线载波（LDLC, Low Voltage Distribution Line Carrier）三类，对于输电线载波通信，载波频率一般为 $10^{\sim}300\text{KHz}$ ；对于高、中低压配电线载波通信，载波频率一般为 $5^{\sim}40\text{KHz}$ ；对于低压配电线载波通信，载波频率一般为 $50^{\sim}150\text{KHz}$ 。在发送时，利用GMSK或OFDM调制技术将用户数据进行调制、线路耦合，然后在电力线上进行传输。在接收端，先经过耦合、滤波，将调制信号从电力线路上滤出，再经过解调，还原成原信号。

传统的电力线载波通信技术主要优点是利用电力线传输，布线简单，节省资源，并且与电网建设同步。电力线载波存在着两大致命的弱点：一个是信号衰减大。信号在电力线路中的衰减强烈依赖于负荷的变化，难以估计，制约信号的传输距离。另一个是噪声的干扰。低压电网复杂，杂波较多，严重影响数据传输的质量，使数据通讯成功率较低^[2]。

目前发展较为成熟的宽带电力线载波通信（BPLC, Broadband Power Line Carrier）采用改进的OFDM调制技术，有效地利用了带宽，能很好的对抗线路噪声和频率选择性衰落，并可以支持以太网接口，可以很好的兼容其他通信方式。实际工作环境下可达到的通信速率为25Mbps，在中压线路上传输距离达到1500m（宽带模式），5000m（CENELEC模式），在低压线路上传输距离达到500m以上（宽带模式）。因BPLC克服了传统PLC的弱点，在用电信息采集系统中得到了广泛的应用。

电力线载波通信适用于用电信息采集系统中的NAN网络。

3. 光纤通信

光纤通信系统根据传输信号的形式，可以分为数字光纤通信系统和模拟光纤

通信系统两大类。因为光纤的频带很宽，对于远距离、高速率传输大容量的数字信号十分有利，因此在自动抄表技术中用到的均为数字光纤通信系统。光纤通信的优点：频率高，可供利用的频带宽，通信容量大；损耗低，采用中继技术适合长途干线通信；抗电磁干扰能力强，传输可靠性好；保密性好；设备相对简单，便于敷设和架设等^[3]。不足在于：强度不如金属线，连接比较困难，连接节点造价高；光纤通信系统初期投资大，后期维护费用也较高。总之，光纤通信具有频带宽、传输速率高、传输距离远以及抗干扰性强等特点，适合骨干通信网的要求。

光纤通信适用于用电信息采集系统中的WAN网络。

4. GPRS

GPRS在GSM网络中引入了无线分组交换能力，提供端到端的，广域的无线IP连接。数据传输速率提高到100 kbit/s以上，具有无线资源利用率高、接入速度快、实时在线、数据传输量大、资费低、传输可靠性高等优点，非常适合用电信息采集系统的要求。不足之处在于需要支付数据流量费用，成本较高，且通信成功率受时段、物理位置的影响。

GPRS适用于用电信息采集系统中的WAN网络。

5. LTE

LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 项目是3G的演进，具有100Mbps的数据下载能力，被视作从3G向4G演进的主流技术。改进并增强了3G的空中接入技术，采用OFDM和MIMO作为其无线网络演进的唯一标准。通信速率方面，在20MHz频谱带宽下能够提供下行326Mbit/s与上行86Mbit/s的峰值速率。随着LTE技术应用的推广，必将成为下一代用电信息采集系统的主要通信方式。

LTE适用于用电信息采集系统中的WAN网络。

6. RF Mesh

无线射频技术采用无线的方式传输数据，不论在户外室内均可正确、快速及时地进行无线抄表。无线射频方式与其他有线抄表方式相比，具有组网十分灵活、方便、维护简便等特点，并且避免了有线抄表系统布线不方便、施工量大等问题^[4]，不足之处在于模块成本较高，一次性投入较大。

RF Mesh适用于用电信息采集系统中的HAN网络。

7. ZigBee

ZigBee是IEEE802.15.4协议的代名词。是一种短距离、低功耗的无线通信技术。传输速率根据传输的波特率不同分别为250Kbps、40Kbps、20Kbps。网络容量大：ZigBee可构建星形、簇状和网状的组网结构，其中一个主节点最多可以管理254个子节点，同时一个网络节点最多还可以管理254个主节点。因此，一个ZigBee网络最多可容纳65000多个节点。每个网络节点的距离为30-70m，具有能量检测和链路质量指示能力，并且可以自动调节设备的发射功率，在保证传输质量的同时，最小的消耗设备能量。安全性高：ZigBee提供了三级安全策略，包括无安全性、使用接入控制表以及采用高级加密标准（AES-128）的对称密钥，并且可以根据ZigBee的应用需求自主选择安装级别，这样可以灵活保障数据传输的安全性。

ZigBee适用于用电信息采集系统中的HAN网络。

8. M-Bus

M-Bus是一种专门用于公共事业仪表的总线结构。是利用两条无极性传输线来同时供电和传输串行数据，而各个子站(以不同的ID区分)并联在M-Bus总线上。将M-Bus用于各类仪表或相关装置的能耗类智能管理系统中时，可对相关数据或信号进行采集并传送至集中器，然后再通过相应的接口传至主站。利用M-Bus可以大大简化住宅小区，办公场所等能耗智能化管理系统布线 and 连接，且具有结构简单、造价低廉、可靠性高的特点。

在欧洲，户用仪表总线的通讯方式以M-Bus为主，目前国内诸多大型水电气热表企业已采用M-Bus总线通讯技术。M-Bus总线的提出满足了公用事业仪表的组网和远程抄表的需要，同时它还可以满足远程供电或电池供电系统的特殊要求。并且，其串行通信方式的总线型拓扑结构非常适合公用事业仪表的可靠、低成本的组网要求，可以在几公里的距离上连接几百个从设备^[5]。

M-Bus适用于用电信息采集系统中的HAN网络。

用电信息采集系统应用场景及通信技术应用

用电信息采集系统根据应用场景不同可以分为3种，高密度区域（居民区、商业区、工业园区）、低密度区域（别墅区、边远山区）、专线、专变、配变考核计量点^[6]。针对每种应用场景，需要从经济性与可靠性等角度对通信方式进行选择。

高密度区域，指居民区、商业区、工业园区，这些区域电能表一般集中安装，密度较大，因此一般采用如下通信方式：电能表采用PLC、RS485通信将数据传输到采集器，再通过PLC传输给集中器，集中器通过GPRS、光纤上行的通信方式将数据传输到数据采集平台。采集器是指用于采集多个电能表的电能量等数据信息，并经处理后通过信道将数据传送到集中器的专用模块。集中器是指收集采集器的数据，并进行数据处理与存储，同时能和主站或便携机（手持编程抄表器）进行数据交换的设备。高密度区域采用这种从电能表到采集器到集中器再到采集平台的通信方式施工简单，不需要专门敷设通信线路，施工成本比较低。

低密度区域，指别墅区、边远山区，这些区域电能表一般分散安装，密度较小，因此一般采用如下通信方式：电能表通过RS485或PLC通信将数据传输到集中器，集中器通过GPRS通信方式将数据传输到数据采集平台，在单独的采集点可以直接采用GPRS电能表将单台电能表的数据直接传输到采集平台。

专线、专变、公用配变考核计量点，这种情况对电能质量要求高，需采集功率因数、频率、谐波及对应越限记录等，一般采用如下通信方式：电能表与集中器之间通信距离小于200m，一般采用RS485连接。集中器与采集平台之间一般采用xPON/Ethernet有线连接。

结束语

随着智能电网建设的全面展开和ICT技术的不断进步，用电信息采集系统的研究正逐步成为热点。作为用电信息采集系统数据传输的通道，通信方式的选择对于系统的准确可靠、经济运行起着重要作用。目前国内厂商已具备了端到端的通信解决方案，很多领域已达到国际领先水平，且在实际工程项目中得到了广泛的应用。

参考文献

- [1] 肖世杰, 构建中国智能电网技术思考.电力系统自动化[J], 2009,33(9):1-4.
- [2] 钟永进, 基于低压电力线载波通信的用电信息采集系统[D].上海: 复旦大学, 2011.3-5.
- [3] 郭恩磊, 徐建政, 远程自动抄表系统中的现代通信技术[J], 2007,28(181):18-21.
- [4] 庞金龄, 基于射频网络的抄表系统研究[D].济南: 山东大学, 2009.5-6.
- [5] 吴海峰, 李德敏, 邹剑, 基于M-Bus 的智能水表数据采集器的设计[J], 2011,10(44):97-101.
- [6] 国家电网公司, Q / GDW 378.3—2009电力用户用电信息采集系统设计导则 第三部分: 技术方案设计导则, 北京: 中国电力出版社, 2010.