

电力智慧小区通信网络体系的研究与构建

随着三网融合技术、智能电网技术以及家庭网关技术的不断发展，基于PFTTH的EPON无源光网络、移动互联网和智能电网，采用光纤复合低压电缆、电力线载波以及非金属光缆和皮线光纤，提出了一个适应未来电力智慧小区多功能应用，可低成本建设的网络体系组网设计方案。

夏炳军 权 锐 何 峰/国网四川省电力公司绵阳供电公司
万忠兵 张 然/国网四川省电力公司计量中心

0 引言

随着社会科技的进步和经济的迅猛发展，住宅小区在满足场所和空间要求的同时，居住安全、信息互动以及人文与科技共融共生的智能化小区时代已经到来。智能化住宅小区需要利用现代通信网络技术、计算机技术、自动控制技术、物联网技术以及云计算技术等，通过有效的传输网络，建立一个由住宅小区综合物业管理中心与安防系统、信息服务系统、物业管理系统、能源管理系统以及家居智能化组成的“六位一体”住宅小区服务和管理集成系统，使小区与每个家庭能达到安全、舒适、温馨、便利和开放的信息化生活空间。

随着人们生活水平的提高，人们对于自己居住环境的要求越来越高，住宅小区智能化建设的需求日益迫切。但由于各地之间经济水平差别较大，居民的经济能力也有较大差异，国内多数的居民小区建设仍停留在科技含量较低的水平，还远未达到完全智能化的水平。除了少数的中高级住宅区之外，由于经济

和技术的原因，一般住宅小区智能化还存在着很多问题，离真正的智能化建设还有一定距离。

网络环境作为智能化住宅小区的基础设施之一，是住宅小区智能化建设的基础与支撑。一个高效、稳定、安全、便捷和开放的网络环境才能支撑智能化住宅小区多业务、多网络和多用户的融合与应用，从而实现居民用户全智能化、高品质生活环境的建设。因此，研究适应未来小区多功能应用、可低成本建设的网络体系显得尤为重要，需要解决多种网络融合、网络结构布局和网络资源配置等问题。

1 关键技术

1.1 三网融合技术

三网融合是指电信网、广播电视网和互联网在向宽带通信网、数字电视网和下一代互联网演进过程中，三大网络通过技术改造，其技术功能趋于一致，业务范围趋于相同，网络互联互通、资源共享，能为用户提供语音、数据和广播电视等多种服务。目前，国内外都着力于三网融合技术的深入研究与推广，在我国已经上升为国家战略的高度。三网融合涉及技术融合、业务融合、行业融合、终端融合和网络融合等，现基于基础数字技术、宽带技术、软件技术和IP技术等，普遍采用统一的TCP/IP协议，使各种以IP为基础的业务都能在不同的网上实现互通。本文将基于三网融合技术，结合智能电网技术，研究并



夏炳军/助理工程师

关键词/Keywords

智慧小区·
网络体系结构·
电力光纤到户·
EPON·

2016年国网四川省电力公司科技项目：基于智慧小区网络体系建设的能源管理应用研究。

构建面向未来智能化住宅小区四网融合的网络体系。

1.2 电力光纤到户技术

随着智能电网技术的深入发展，智能用电作为智能电网与用电用户交互的重要环节，是实现智能电网信息交互的重要领域。因此，建立连接电网终端用户的低压用电通信网，实现电力光纤到户是智能电网建设的关键环节。电力光纤到户是在低压通信接入网中采用光纤复合低压电缆，将光纤随低压电力线敷设，实现到表到户，配合无源光纤网络技术，承载用电信息采集、智能用电双向交互和“三网融合”等业务。

目前，我国利用OPGW、OPPC和ADSS等电力特种光缆已建成世界上最大的，先进可靠的电力专用光纤通信网路，其应用处于国际先进水平。国家电网公司又成功研制出世界上第一条光纤复合低压电缆OPLC，并完成了组网设计、施工验收和运行维护等电力光纤到户关键技术研究。然而，OPLC要想真正在普通住宅小区内推广应用，还需要解决光纤价格较高、故障维护等重要问题。为此，从经济适用的角度考虑，可以采用非金属光缆（ADSS）和皮线光纤的方式完成光纤到户（FTTH）的接入，实现电力光纤到户（PFTTH），同样支持三网融合。这样，城中老旧小区在改造时若受到改造成本的限制，可以采用此经济实用的方式实现用电信息智能化，体验高品质的信息化生活环境。因此，本文将灵活采用PFTTx电力光纤接入方案，包括电力光纤到电表/楼道（PFTTM/B）和电力光纤到户（PFTTH）两个无源光网络系统。

1.3 EPON无源光纤网络接入技术

随着宽带业务的不断发展，现有的宽带接入技术已很难满足用户对高宽带、双向传输和高安全性等方面的要求，同时住宅小区智能化多业务融合存在布线复杂、投资成本大等问题，因此高宽带的光纤接入技术成为研究的重点技术。

以太网无源光网络（Ethernet Passive Optical Network，EPON）是基于以太网的PON技术，由

IEEE 802.3 EFM工作组进行标准化。它采用点到点的结构和无源光纤传输的方式，在以太网之上提供多种业务，能够有效地保证网络信息数据的安全传输。EPON技术是PON技术与以太网的融合，在物理层采用PON技术，在数据链路层使用以太网协议，利用PON的拓扑结构实现以太网接入。因此，它综合了PON技术和以太网技术的优点：低成本、高带宽、扩展性强、与现有以太网兼容和方便管理等。

本文针对各业务特性，三网融合业务采用普通EPON，抄表采用电力EPON，运用BPL宽带电力线通信接入技术，将家庭电网的相关数据信息和智能用电交互信息接入电力EPON系统，并推广至水务、气务和热务，并在公网为各大运营商提供物理接口，对接各种营运业务。

1.4 家庭网关技术

智能家庭网络是信息时代带给人们的又一个高科技产物，它借助现有的计算机网络技术，将家庭内各种家电和设备连网，通过网络为人们提供各种丰富、多样化、个性化、方便、舒适、安全和高效的服务。家庭网络化也是住宅小区智能化的一个重要的部分，实现家庭内部信息与家庭外部信息的交换，无疑是家庭联网的目的所在，因此一个理想的家庭网关就显得非常重要。

家庭网关作为一个集中式智能接口，需要兼容多种外部宽带网络接入方式，成为家庭内部网络和外部网络的连接桥梁和门户，使家庭用户可以获得各种家庭服务（包括现有服务和未来可能出现的服务）的平台。因此，研究一种支持多种外部网络接入方式的家庭集中式网关设备显得十分重要。

2 网络硬件体系设计

2.1 总体架构设计

本文智慧小区网络通信结构涉及三网融合组网设计、“四表集抄”用能信息采集组网设计以及基于电力光纤到户（PFTTH）的EPON无源光网络接入组网设计。考虑到用能信息采集、传输的

特殊性,本文设计两套ONU网络系统,即三网融合与智能电网采用物理隔离、业务统一的方式实现四网融合技术。

(1) 基于PFTTH的EPON组网模式

本文采用电力光纤PFTTH的接入方式和EPON无源光网络体系结构进行组网,EPON系统主要由OLT和ONU设备组成,OLT部署在电力智慧小区中心局端,ONU部署在单元楼用户端,一套OLT可供多个小区使用。综合考虑用能信息与公共信息的独立性,用能信息采集系统和三网融合系统采用物理隔离的方式构建两套业务融合的网络系统。一个是与网络运营商、电信运营商和广电系统相连的公共网络,一个是与电力营销部分相连的用能信息传输专网。电力智慧小区中间网络链路采用无源设备,一次性部署网络光纤,两套系统共享光纤通道,实现局端与用户端的信息传输。

(2) 用能信息采集组网模式

随着国家智能电网的不断发展,在电力体制改革和互联网浪潮双重压力的推动下,智能抄表技术越来越成熟,抄表方式也越来越多。为满足未来家庭电网双向信息交互的带宽需求,本文采用光纤抄表和BPL电力载波抄表结合的方式,基于PFTTH的EPON网络,实现智慧小区用能信息采集、双向交互和多业务融合等。

EPON网络的高带宽、高可靠性和高安全性等特点,使得用能信息采集系统的物理网络具有极高的容量和可靠的数据流,最高传输速率达到100 Mbit/s,能够满足智慧小区用能信息采集流量的要求。电力智慧小区中心机房部署1台OLT设备,依据小区规模合理配置资源,配置相应的PON接口数,采用分光器连接多个ONU以减少PON接口数的配置。一般在单元楼中间楼层部署分光器,用户电表通过RS 485串口,用户水表、燃气表和冷热量表通过Modbus串口串联接入该层ONU设备,将各个用户的用能信息回传至智慧小区局端。

(3) 三网融合组网模式

三网融合业务采用EPON技术,使用G 652标准的单模光纤,网络拓扑结构为点到多点,由光

纤线路终端(OLT)、光分配网络(ODN)和光网络单元(ONU)组成。光纤线路终端(OLT)部署在电力智慧小区中心局端,光网络单元(ONU)部署在用户多媒体箱,通过ONU设备整合数据、语音和视频业务后,再通过光分配网络接入OLT设备。传输速率为双向对称1 GB/s,最大分光比支持1:64,为保证用户信号稳定,一般采用一级分光,分光比采用1:32。

2.2 通信方案设计

2.2.1 总体远程通信架构设计

电力智慧小区的通信架构涉及光纤通信、无线公网通信、电力线载波通信以及电力无线专网通信,通过采集、传输和应用三个层面来展示,如图1所示。

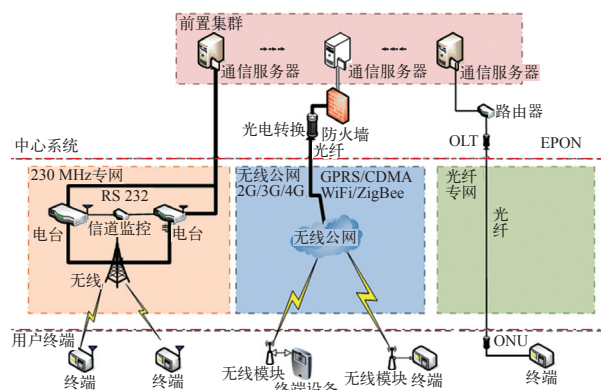


图1 总体远程通信方案图

(1) 用户终端采集层

用户终端采集层主要是从智慧小区采集需要的所有能源数据和业务数据。采集层由各种接口适配器组成,包括文件接口适配器、数据库接口适配器、socket接口适配器和snmp接口适配器等各种接口软件。

(2) 数据传输层

传输层主要是将从子站获取的数据通过压缩和加密处理,利用专用网络或者公共网络传送到能源管理平台。

(3) 数据应用层

数据应用层主要是根据智慧小区业务需求,进行业务逻辑建模和业务功能呈现。

数据业务逻辑建模主要包括基本的数据处理、清洗、抽取和归一化处理,并且按照不同的空间维度、时间维度进行数据的存储,便于业务层数据读取。

业务功能呈现是按照功能模块划分,进行不同功能的展示,主要包括能源信息、物业管理和服务信息的交互等。

2.2.2 用能信息采集通信方案设计

在电力智慧小区中智能电网的设计十分重要,稳定可靠的通信系统是至关重要的环节。无论是骨干网还是接入网都必须保证其可靠性、实时性和安全性。否则,将对整个系统的有效、安全、稳定运行和运营管理产生很大的影响。网络层是智能电网园区终端用户用能系统的数据通信链路模块,承担数据上传和下发的数据传输功能。终端用户的传感终端具有节点分散、环境复杂等特点。光纤通信、电力线载波、无线公网和无线专网等多种通信方式在智能电网终端用户的通信系统中共存的局面不可避免。

电力智慧小区平台中心和数据采集层设备间的数据传输为远程通信网络,可采用多种无线、有线数据传输网络,可以是专用或公共无线、有线通信网络以及电力线载波通信网络。系统的数据采集层的采集终端之间以及采集终端与传感器之间的通信为本地通信网络,可采用电力线载波、微功率无线、RS 485总线以及其他有线或无线网络。智能信息采集通信方案如图2所示。

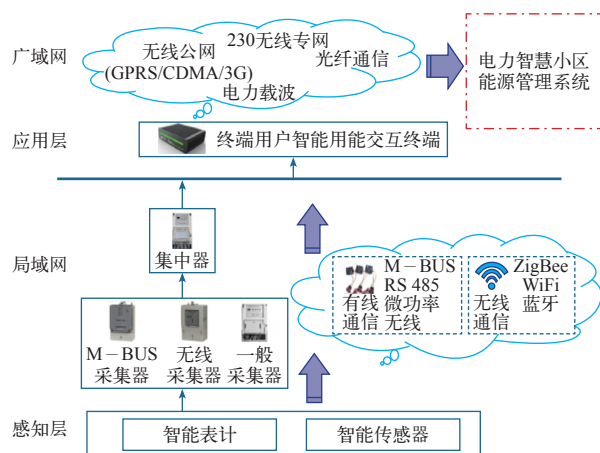


图2 用能信息采集通信方案

2.3 通信接口设计

本文采用有线网与无线网综合考虑,采用光纤、电力线载波和无线公网实现电力智慧小区多种网络融合、网络结构布局和网络资源配置的设计。通信接口主要采用嵌入式,有线网主要包括RS 485和Modbus等,无线网主要包括GPRS、3G/4G、230M和ISM简易短信通信方式。

2.3.1 嵌入式有线通信接口

有线通信接口主要分为近距离通信接口和远距离通信接口。

(1) 近距离通信接口

近距离通信接口主要包括串行通信接口、并行通信接口、人机通信接口和工业板卡接口。

1) 串行通信接口是采用串行通信方式的扩展接口,是指数据一位一位地顺序传送。特点是通信线路简单,只要一对传输线就可以实现双向通信。主要包括UART接口、I²C/SCCB接口、SPI接口、USB接口、JTAG接口、1394接口和1-wires接口。

2) 并行通信接口指采用并行传输方式来传输数据的接口标准。它以并行方式传输的数据通道的宽度,具有协调并行数据传输的额外接口控制线或称交互信号的特性。主要有SPP打印接口和EPP打印接口。

3) 人机通信接口是指人与计算机之间建立联系、交换信息的输入/输出设备的接口。这些设备包括键盘、显示器、打印机和鼠标器等。为此,主要接口包括键盘输入接口、LED显示接口和LCD显示接口。

4) 工业板卡接口是指使用场合特殊,更高标准的接口。主要有ISA/PC104总线接口和PCI/CPCI总线接口。

(2) 远距离通信接口

本文采用的远距离通信接口主要是现场总线接口,它是近年来迅速发展起来的一种工业数据总线,它主要解决智能化仪器仪表、控制器和执行机构等现场设备间的数字通信,以及这些现场控制设备和高级控制系统之间的信息传递

问题。现场总线具有简单、可靠和经济实用等一系列突出的优点，因此受到了许多标准团体和计算机厂商的高度重视。主要有RS 485总线接口、仪表总线接口、CAN总线接口、EMAC总线接口、LonWorks总线接口和PROFIBUS总线接口。

2.3.2 嵌入式无线通信接口

无线通信是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式，无线通信接口则为无线通信与相关设备相连的接口，常见的一些无线技术有红外线、蓝牙、GPRS和CDMA1X等。因此无线通信接口主要包括红外IrDA无线通信接口、卫星通信接口、ZigBee无线通信接口、GSM/CDMA无线通信接口、BlueTooth无线通信接口、WiFi无线通信接口和ISM简易无线通信接口。

3 网络软件体系设计

电力智慧小区网络软件体系主要采用B/S架构，网络系统架构设计采用五层设计，主要包括数据层、基础架构层、服务层、业务层和表现层，依据基于PFTTH的EPON无源光网络、移动互联网和无线网进行能源信息和公共信息的传输与共享。软件体系架构如图3所示。

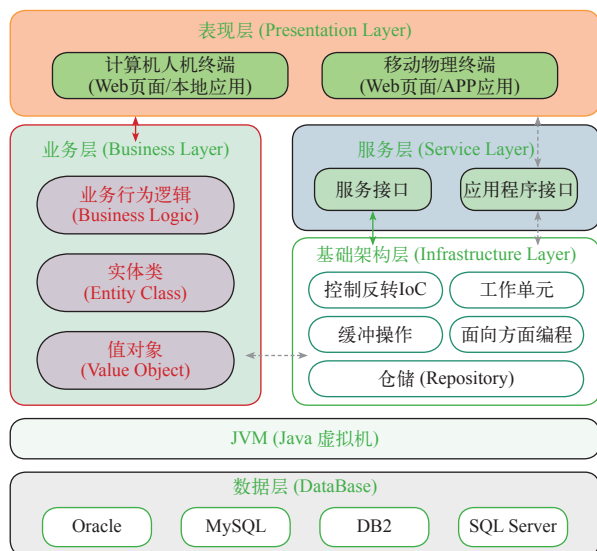


图3 智慧小区软件体系架构

(1) 表现层

表现层主要是应用的展现，电力智慧小区整体为B/S界面，并提供智能APP等其他展示方式。

(2) 业务层

业务层主要是进行数据业务逻辑模型处理和维持，主要包括电力信息、水务信息、燃气信息和冷/热信息等能源业务数据，以及运营商、物业管理和公共服务等公共信息的。

(3) 服务层

服务层是前台应用和后台数据的交互层，提供各类服务接口、应用程序接口。

(4) 基础架构层

基础架构层主要为云计算架构服务，主要内容为控制反转、工作单元、缓冲操作、面向方面编程和仓储。

(5) 数据层

数据层主要是数据的存储与维护，可以采用的数据库有Oracle、MySQL、DB2和SQL Service。

4 结束语

随着信息化时代的到来，人们对住宅小区的智能化需求与要求越来越高。本文通过对三网融合技术、电力光纤到户技术、EPON无源光网络接入技术和家庭网关技术的深入研究，采用光电复合低压电缆、载波电力线以及非金属光缆和皮线光纤进行综合布线，提出了一个适应未来电力智慧小区多功能应用、可低成本建设的“四网融合”通信网络组网设计方案，以实现电力智慧小区多源信息的采集、双向交互和多业务融合等需求。

参考文献

- [1] 李宝剑. 光通信技术在电力通信系统中的应用与组网方案探讨 [J]. 信息通信, 2016 (5): 203-204.
- [2] 林自庆, 叶国超. 智能小区移动通信网络覆盖优化技术 [J]. 中国新通信, 2015 (18): 23-24.

(收稿日期: 2017-10-20) **EA**