基于物联网平台的自适应智能终端接入技术研究

罗金阁，肖俊阳，曾　通，蔡泽瀚，吴　新，袁国权

（深圳供电局有限公司，广东 深圳 518000）

摘要：随着海量低压智能终端的接入，配电网将向着信息流、电力流和能源流高度融合的新型运行模式持续发展，由此造成安装调试运维工作量指标成倍增加的问题也不容小觑。为此，首先基于物联网平台对智能终端设备自适应即插即用技术展开研究，通过对物联网平台“云、管、边、端”基本架构进行剖析，分析终端接入信息数据流的基本原理；然后从初次接入、软件升级以及工作退出三个方面建立了终端设备自适应模型，并对实现流程进行阐述；最后通过实验算例对所提自适应接入方法的有效性进行验证，结果证明所建自适应模型能够高效地实现终端数据传输，有效减轻运维工作量，对工程应用具有重要指导意义。

关键词：物联网；配电网；自适应；智能终端

Research on adaptive intelligent terminal access technology based on IoT platform

LUO Jinge, XIAO Junyang, ZENG Tong, CAI Zehan, WU Xin, YUAN Guoquan

(Shenzhen Power Supply Co., Ltd., China Southern Power Grid, Shenzhen 518000, China)

Abstract: With the access of massive low-voltage intelligent terminals, the distribution network will continue to develop towards a new operation mode with the high integration of information flow, power flow and energy flow, resulting in an exponential increase in installation, commissioning and operation and maintenance workload. Therefore, based on the Internet of Things platform, the adaptive plug and play technology of intelligent terminal equipment is studied, and the basic principle of terminal access information data flow is analyzed by analyzing the basic architecture of “cloud, tube, edge and end” of the Internet of Things platform. Then, the adaptive model of terminal equipment is established from three aspects: initial access, software upgrade and work exit, and the implementation process is described. Finally, the effectiveness of the proposed adaptive access method is verified by an experimental example. The results show that the adaptive model can realize terminal data transmission efficiently and reduce operation and maintenance workload effectively, which has important guiding significance for engineering applications.

Key words: internet of things; distribution network; adaptive; intelligent terminal

0　引言

大量的分布式可再生能源接入配电网并被就地消纳，配电网面临着网架结构与功能形态化的新挑战[1-2]。此外，配电网关联产业发展也存在

南方电网公司科技项目，智能配电物联终端工程调试关键技术研究与应用(090000KK52222150；SZKJXM20222148)

着许多问题，包括设备标准化程度低、自主研发能力弱、研发核心技术掌握程度不高、数据分析能力差、制造业产能结构化风险度高等[3]。

已有文献对智能配电终端的结构模型设计、仿真建模[4-6]、数型映射[7]等研究内容展开讨论，对中压智能终端的自适应接入问题开展了相关基础研究，并初步获得一些成果。但随着配电物联网规划范围的不断扩大，建设区域的不断扩增，大量的低压智能终端开始接入到低压配电网中。然而，有关低压智能终端自适应接入相关技术一直未深入地进行探究。

为此，本文基于物联网平台对低压终端设备自适应即插即用技术展开研究，通过对物联网平台“云、管、边、端”基本架构以及终端接入的信息数据流基本原理进行剖析，建立了终端设备自适应模型，阐述了低压智能终端从初次接入、软件升级到工作退出的实现流程，达到了快速数据处理和减轻运维工作的目的。

1 物联网平台

物联网平台的总体架构设计如图1所示。主要分为云、管、边、端四个主要部分[8-9]。各层级的主要业务范围见表1。

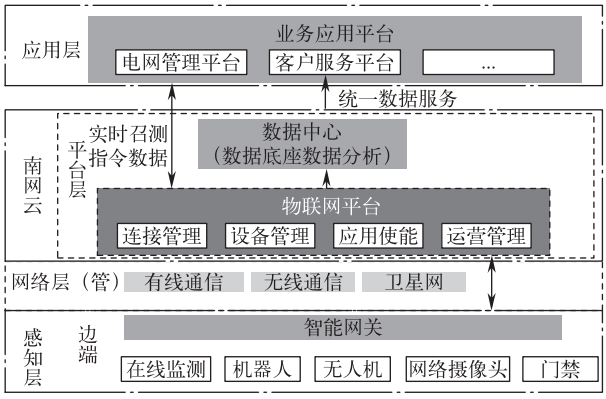

图 1 物联网平台的总体架构

Fig. 1 The overall architecture of the distribution IoT platform

表 1 物联网平台各层级主要业务

Tab. 1 Main business of distribution IoT platform at all levels

层级名称	主要业务
云	物联网平台基于庞大数据处理技术、微服务管理技术等，达到了主站全面的云端化、微服务化管理目标[13]。该主站平台能够响应大批量终端设备的业务需求，包括快速部署、即插即用、应用升级、数据多渠道共享等。实现了配电网中低压设备型号的归一化管理、数据采集的同步存储、应用升级管理
管	为数据传输提供通道资源，满足对庞大数据信息传输的高效率、高质量要求。主要包括远方通信以及本地通信两部分[14]。远方通信服务于云主站与边缘计算节点间的数据传输；本地通信服务于边缘计算节点与采集装置间的数据传输
边	用于数据采集、计算和应用集成的各类终端设备，功能上支持多协议、多通道和多容器的模式[15]。边、端通过本地通信网络进行协作，实现对数据的全感知、采集和控制；边、云可以通过远程通信网络实时完成关键运行数据的云边协同。通过合理分工和数据交互的方式，有效利用云计算以及边缘计算各自的优势
端	主要指采集装置、传感装置等采集层和感知层终端。负责将运行环境、运行状态以及装置状态等数据信息上传至上一层级，同时按照上一层级的指令执行控制

2 终端接入信息数据流

从终端发送数据到物联网平台。云主站提供广义物联网技术支持，包括：开放接入终端，满足多类型、多协议、多层次和大批量的终端接入以及管理；此外，物联网平台系统还具备与生产控制大区和管理信息大区业务系统的数据交换能力。终端单元采集信息并和边缘计算节点进行信息交互，边缘计算节点采集、分析、处理数据并和物联网平台进行源数据和业务数据交互，主站侧融合各业务系统信息，构建业务信息模型和数据存储机制，开展物联网平台智能分析与应用业务。

智能配电终端接入示意图如图2所示。上送数据通过安全接入区的防火墙和数据隔离组件至管理信息大区的核心交换机，经配电加密认证装置解密后，由认证分发安全前置将业务数据经由业务通道上送至物联网组件，将管理数据经由管理通道上送至物联网组件，并可与配电网应用进行数据交互。

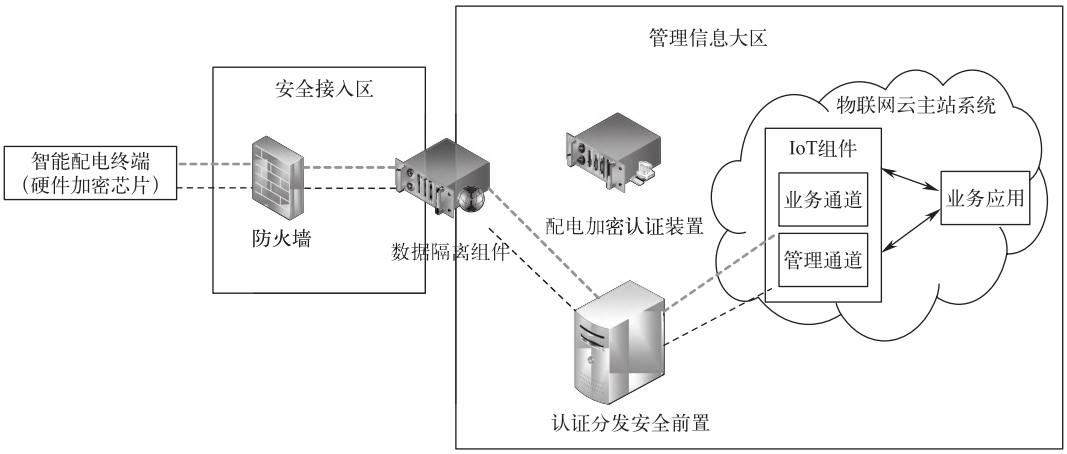

图 2　智能配电终端接入示意图

Fig. 2 Schematic diagram of intelligent distribution terminal access

3　终端自适应接入流程

本文从初次接入、软件升级和工作退出三个方面开展智能终端自适应接入实现过程的介绍，旨在给出一套满足智能终端自适应接入要求的综合解决方案。

3.1　初次接入

为全面感知低压配电网状态，需要增设一定数量的低压智能终端对基础数据进行采集，还需要对低压智能终端的初次接入方式进行规范化、标准化处理，终端初次接入实现流程如图3所示。

3.2　软件升级

在常规通信中，通常会基于实际业务变化，对涉及的低压智能终端展开软件升级，实现流程如图4所示。升级完成后，边缘计算节点和云主站都需要对配置文件进行刷新，其对应的即插即用服务和应用程序对相关高级业务应用数据进行更新。

3.3　工作退出

终端退出的原因主要有终端本体故障和通信链路断开两种。

（1）终端本体故障

当智能终端主体出现故障时，终端即插即用模块发现低压智能终端脱机，立即将包含设

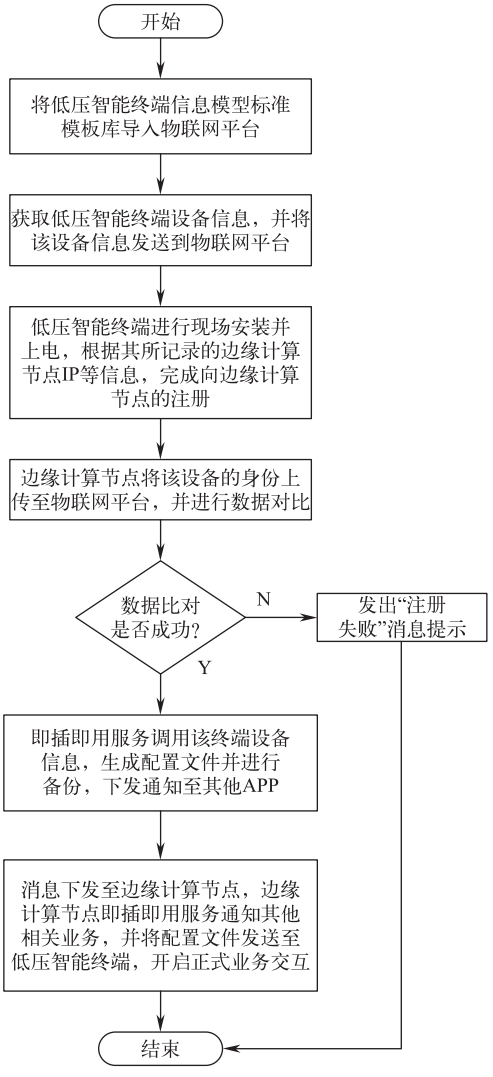

图 3　终端初次接入实现流程图

Fig. 3 Flow chart of terminal first access implementation

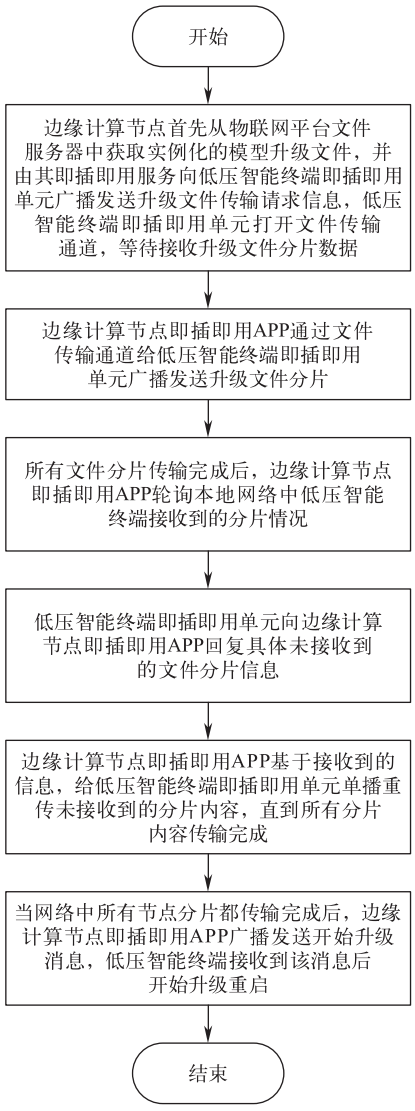

图 4　终端软件升级实现流程图

Fig. 4 Implementation flow chart of terminal software upgrade

备基本信息的离线消息发送给边缘计算节点的即插即用应用程序。边缘计算节点即插即用应用程序接收到设备脱机申请后，将包含系统时间的设备下线应答消息传输至低压智能终端的即插即用模块。

（2）通信链路断开

当边缘计算节点与低压智能终端发生通信中断时，基于心跳报文机制，边缘计算节点的即插即用应用程序与低压智能终端的即插即用单元不需要展开数据交互，其二者间的通信协议栈会在未来短时间内监测到网络断开，并分别通知边缘计算节点即插即用应用程序以及低压智能终端即插即用单元断开网络。低压智能终端脱机后，边缘计算节点和云主站都会按时刷新配置文件数据，其对应的即插即用应用程序以及服务会对相关高级业务应用数据进行更新。当边缘计算节点与云侧主站发生通信中断的情况时，其处理方式同上。

4　实验验证

为验证文中所提低压智能终端自适应接入方法的可行性，搭建实验平台环境进行测试，实验平台配置见表2。

表 2　实验平台配置内容

Tab. 2 Experimental platform configuration content

设备名称	数量	主要用途
智能配变终端	1	具备即插即用、故障定位、线损分析、拓扑分析等功能
低压故障智能传感器	6	将所采集的故障信息上传到智能配变终端中，满足故障定位以及拓扑识别需求
云主站管理系统控制样机	1	统计终端种类数量，并对在线数据进行展示

（1）首次注册

完成现场的接线安装工程后，操作人员将相关设备的模型数据导入物联网平台。采用手持终端对各低压设备身份信息进行登记，并对物联网平台的设备信息进行信息核实，完成注册。云主站即插即用服务基于设备的基本信息调用智能传感器模型数据，自动生成配置文件并发送至智能传感器。

（2）软件升级

将待升级的数据包输入至物联网平台，实例化设备名称、数据模型等信息。云主站即插即用服务获取物联网平台内实例化后的模型数据，生成新的配置文件并传输至对应的智能传感器进行同步升级。

将本文所提方法与传统方式在首次注册与软件升级的时效性方面进行对比，结果见表3。从表3中的对比数据可知，与传统方式相比，本文所提方式下低压智能终端平均接入时间和平均升级时间显著下降，接入效率明显提升。

表 3 应用效果对比

Tab.3 Comparison of application effects of plug and play terminals

性能对比	传统方式 /h	本文所提方式 / min	提升效率（%）
平均接入时间	2.2	12	90
平均升级时间	0.6	6	83

此外，实验对低压故障智能传感器与智能配变终端通信链路断开、智能配变终端与云主站通信链路断开这两种离线场景进行模拟。两种工况下，云主站管理系统均能够在1 min内快速识别离线问题并进行信息提醒。

5 结束语

本文为实现海量低压智能终端即插即用，基于物联网平台，对自适应智能终端展开研究，从智能终端初次接入、软件升级以及工作退出等方面对自适应接入实现流程进行阐述。通过实验测试论证了所提方法能够高效地实现终端数据传输，有效减轻运维工作量，对工程应用具有重要指导意义。

参考文献

[1] 朱越，宋祺鹏，李玉凌，等．面向配电物联网的终端架构与互操作测试工程应用[J]．供用电，2022，39(9)：18-26．

[2] 黄国政，黄孟哲，吴洪波，等．基于IEC 61850的低压配电物联网监控系统设计[J]．单片机与嵌入式系统应用，2022，22(9)：33-36．

[3] 宋祺鹏，杨红磊，李浙，等．面向配电物联网的配电终端一体化建模[J]．现代电力：2023-01-06．1-9．DOI：10.19725/j.cnki.1007-2322.2022.0211

[4] 岑伯维，胡春潮，蔡泽祥，等．配电物联网台区边缘计算终端微服务的文件锁数据同步机制[J]．电力系统自动化，2022，46(13)：195-203．

[5] 宗伟康．物联网平台系统的设计与应用[D]．南京：东南大学，2021．

[6] 贾世韬．配电物联网下配变的运行状态评估与预测系统设计与实现[D]．重庆：重庆大学，2022．

[7] 韩国政，张俊涛，徐丙垠．IEC 61850 映射到 XMPP 的实现和应用[J]．电力自动化设备，2018，38(4)：178-182．

[8] 张俊涛．基于 IEC 61850 和 XMPP 的分布式馈线自动化通信技术研究[D]．济南：齐鲁工业大学，2016．

[9] 韩国政，徐丙垠，索南加乐，等．配电终端自动发现技术的实现[J]．电力系统自动化，2012，36(18)：82-85．

作者简介

罗金阁（1989—），男，高级工程师， 主要研究方向为智能配用电、电网建设。

肖俊阳（1988—），男，高级工程师，主要研究方向为电网建设、微电网。

（收稿日期：2023-12-04）