

5G 移动通信与物联网技术在电力系统中的应用研究

钟少伟

(山东鲁软数字科技有限公司智慧能源分公司, 山东 济南 250098)

摘要: 随着通信技术的发展, 5G 时代悄然到来, 大幅提升了电力系统的运行能力。2019 年国家电网提出智能电网的发展战略, 实现电网企业、供应商、电力用户相互连接, 该背景下电力企业也在推动智能化和信息化建设, 其中以 5G 为代表的移动通信技术与大数据人工智能深度结合, 改善了传统电力系统, 打造更加安全稳定的智能化管理系统。基于此, 本文首先概述 5G 移动通信与物联网技术, 讨论 5G 移动通信在电力系统物联网中的应用技术, 最后提出 5G 移动通信与物联网技术在电力系统中的应用, 以供参考。

关键词: 5G 移动通信; 物联网技术; 电力系统

中图分类号: TM73

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.26.025

当前我国 5G 通信技术已经投入使用, 相比 4G 技术其速度更快、容量更大、能耗更低。物联网技术也被称为传感网技术, 是将传感芯片嵌入物体, 进而实现万物互联, 应用 5G 技术和物联网技术时首先需要建立全面覆盖的网络支持标准体系, 并且保证电力系统的安全, 5G 通信技术与物联网的深度结合帮助国家电网转型升级, 通过打造电力物联网实现万物互联, 实时跟踪与监测电力设备的动态, 进一步提升电力服务质量, 以下展开相关分析。

1 5G 移动通信与物联网技术的阐述

1.1 5G 移动通信

5G 具有高宽带、低延时的特点, 这种移动通信技术是人机物联网的网络基础设施。关于 5G 移动通信的概念, 国际电信联盟结合 5G 技术特征进行如下定义: 其一, 增强移动宽带, 这种应用场景满足互联网流量爆发式增长需求, 为互联网用户带来良好的应用体验; 其二, 超高可靠低时延通信, 这种面向工业控制、自动驾驶、远程医疗等领域的应用场景有效满足了相关行业的发展需求; 其三, 海量机器类通信, 这一应用场景主要面向环境监测、智能城市、智能家居。整体来讲, 5G 技术的迅速发展推动了我国电力产业的转型升级, 也为电力行业网络化、数字化、智能化基础设施建设打下了基础^[1]。

1.2 物联网技术

物联网是应用多种传感技术的综合应用体系, 其中全球定位技术、射频识别技术搭建了万物相连的通信系统和网络信息交换系统。在互联网技术飞速发展与应用的今天, 国际电信联盟、欧洲物联网研究所等多家机构对物联网作出定义, 整体来说是借助 GPS、红外感应器、射频识别装置、二维码识读设备并且根据相关协议让物品与互联网连接而实现智能化识别、监控、管理的网络, 本质上讲物联网的核心仍是互联网。当前我国电力企业智能电网运行体系主要涵盖发电、输电、变电、配电等内容, 随着电力系统对物联网技术的深度应用大幅提升了电网信息采集和处理效率, 也为智能电表、发电设备、变电站的运行监控维护等工作开展提供了支持^[2]。

2 物联网在智能电网中的研究现状与问题

2.1 物联网在智能电网中的研究现状

物联网和智能电网具有重要的战略意义, 是当前全球关注的焦点。从智能电网研发过程来看各国各地区都应用了新材料和各种产业技术。现阶段美国是将物联网技术用于电力系统的领先者, 该国学者主要研究电网智能化, 波尔德里为该国首个智能电网城市, 已经普及了各类传感装置, 便于市民了解电价, 提升了电量分配质量。从电网状态监控层面看, 欧洲日本也对物联网在智能电网中的应用进行了深入研究, 主要是通过传感器监测输电线路覆冰、红外温度。我国于 2009 年正式发布智能电网发展报告, 当前物联网智能电网已经上升到国家战略层面, 并且诸多示范工程得到部署, 各种装置和物联网通过发电、变电、输电、配电采集数据信息, 然后实现数据交换和传递, 全面提升电网的自动化和信息化水平。主要研究成果为 2010 年我国搭建完成首个互联网电动汽车和信息平台, 能够实时监测电动汽车充电器, 确保电力稳定供应。2015 年我国研制满足电子数据传输和安全监控于一体的监控系统, 能够直接采集业主信息, 搭配国家电网数据信息, 实现远程抄表。2017 年智能系统开始覆盖我国城市和乡镇, 在项目建设初期体现出环境污染小、建设工期短的优势, 有效解决了偏远地区通信困难的问题。当前海尔公司研制的 U-home 方案能够对家庭电气系统直接控制, 具有节约电能和环保的优势。整体来讲, 在电力系统中具有代表性的物联网技术包括智能巡检系统、用电信息采集系统、智能家居和电动汽车辅助管理系统。

2.2 物联网技术在电力系统中的应用问题

我国电力系统应用物联网技术已接近 10 年, 不过相关研究和应用还不成熟, 主要问题如下。其一, 标准体系缺乏, 不管是物联网技术还是智能电网我国理论研究和应用还处于发展初期, 指导标准不够规范, 产品集成应用难度较大; 其二, 电力系统内的物联网信息聚合技术以及融合数据技术还不完善, 影响了终端数据采集和识别, 因此需要进一步探索, 由此保证提供的信息更加准确全面, 减少网络堵塞问题; 其三, 无线通信信息安全问题, 物联网具有规模庞大和海量的终端节点, 并且会面临恶意入侵、信息盗取等严重问题, 这也是互联网技术研究的重点。此外, 复杂电磁辐射条件下会导致无线通信模式下降, 主要原因在于电磁

辐射影响较大,使得物联网传输数据可靠性下降。

3 5G 移动通信在电力系统物联网中的应用技术

3.1 泛在电力物联网对通信业务的需求

物联网具有全面感知、数据低延迟、高效处理等优势,实现电力系统中各个环节相互连接,也就是电力企业所指的电力物联网。电力企业所用的电力物联网结构组成部分包括感知层、网络层、平台层以及应用层,具体说来:感知层是泛在电力物联网最底层,通过传感器对各环节基础数据加以采集;网络层基于无线通信技术以及 5G 技术,可满足电力系统运行数据传输需要;泛在电力物联网结构当中的平台层主要用于感知层,对获取的海量数据信息加以计算;而应用层具备分析决策以及反馈平台层数据处理结果的功能、泛在电力物联网大幅提升电力系统网络接入效率和传输效率,为输电线路安全运行提供了保障^[9]。

3.2 5G 网络切片

5G 网络高宽带满足不同场景下的语音、视频等业务开展需要,大幅提升视频数据回传与拼接的速度,也提升了电力线路应对恶劣运行环境的水平,为电力企业实时监控输电线路运行状态提供支持。再如电力传输期间可能出现的变化都能有效应对,由此确保电力用户用电平衡。电力企业需要对输电信息低延迟精准控制,把故障通道传输延迟控制在 50 毫秒之内。在电力企业日常运营期间可结合业务需求把 5G 网络切片划分成不同功能的子切片网络,由此安全隔离普通配电网络以及专用网络,结合用户个性化服务需求建立移动网络安全机制,并根据国家规定完善电网系统,通信网络建设标准满足无线接入网络运行需要^[4]。

具体应用如下。其一,5G 网络高宽带特性应用。在电力行业中对部分业务场景的语音、视频等带宽要求非常高,需要保证视频数据回传与拼接的效率,尤其是在恶劣环境下对电力线路运行状态实时监测。其二,低时延特性应用。电力的传输过程中需要确保低时延,比如在电网故障初期需要精准负荷控制,进而实现发电用电平衡,再如配网差动保护场景中结合 5G 网络切片和物联网边缘计算技术可以将延迟控制在 10-12 毫秒。其三,大连接典型应用。电力部门要结合业务需求把 5G 网络切片分为具有不同功能的子切片网络,进而实现和“专用网”的安全和隔离,不过在不同的应用需求下 5G 中安全结构和传统的移动网络安全机制结构差异较大。在国家电网建设的过程中对通信网络的标准提出高要求,并且加强通信业务隔离的管理,电力物联网中切片在移动网络中的安全问题是研究重点,需要继续加强相关研究。

3.3 IAB 技术

空口就是移动终端和基站的连接协议,也是移动通信标准当中的重要标准,以往的 3G 和 4G 时代空口核心技术主要为 CDMA 以及 OFDM,5G 新空口技术所使用的频段更高、带宽更大,不过频段越高会导致新空口覆盖受到影响。为满足覆盖需求,高频段的 5G 基站部署更加密集,同时要求有线传输网络更加科学地部署,集成无线接入链路以及无线回传链路技术为 5G 新空口提供了解决方案。当前无线回传链路在电力物联网中包括了多个无线回传链路基站与 donor 基站,其中无线接入链路是无线回传链路以及 UE 的通信链路,donor 基站向终端用

户提供核心网接口期间也为无线回传链路基站提供服务。目前在地下室或者地下车库设置的电力网络主要包括用电信息采集以及精准负荷控制服务,通过 5G 以及无线回传链路相结合能够显著降低室内布设方案投入成本,并且扩大电力物联网覆盖强度。所以要把无线回传链路技术用于电力专线网络,在提升电力物联网灵活性的同时解决 5G 新空口网络覆盖问题,避免地下室或者地下车库出现网络盲区^[5]。

3.4 边缘计算技术

在解决电网物联网计算问题期间还需要降低电网系统云端计算压力,电力企业建立 5G 互联网电力系统期间需加快云服务器集中处理架构向边缘计算转移的速度,由此发挥云中心统一管控模式的作用,结合多种业务需求集中处理并且对现场数据信息加以存储,为电力物联网架构建设带来数据支持,通过边缘计算技术处理端侧对原始数据信息加以采集,同时处理和原始数据,由此实时控制相关业务。再通过 5G 网络切片以及和边缘计算的结合建立具有边缘计算的切片网络,进而为电力企业处理以及计算差异化数据带来支持,提升电力业务安全隔离以及可靠性。现阶段有关移动边缘计算的研究集中于硬件系统架构设计以及计算机卸载,其中边缘计算分层自制协同支持下的主动配电网控模型以及多接入边缘计算架构都确保电力物联网实时运行。

4 5G 移动通信与物联网技术在电力系统中的应用

随着 5G 时代到来,电网系统运行更加智能化,国家也在智能电网建设中投入大量技术,针对电力系统进行长期规划,旨在缓解当前供电紧张的局面,通过连接智能终端,也大大增加了电力企业的收益,通过互联网技术的应用全方位监控电网运行。

4.1 5G 时代下物联网技术在电力系统变电环节中的应用

在物联网系统支持下变电站智能功能得以实现,而变电站的运行需要嵌入式传感器传播信息,因此为保证电流电压的信息数据需要智能化测量与转移,由此降低成本,这一过程中需要定期维护,进而保证互联网技术和相关设备的顺利运行。此外,电力企业要监控变电站信息数据确保在 5G 网络覆盖下,互联网技术具有其优势,监控期间关键在于技术人员确保互联网数据信息准确以及数据设备的正常运行,如果发现设备运行故障必须及时反馈并制定解决方案,这一过程中科学选择 5G 网络与物联网技术有助于采集监测的数据信息,进而监测变电系统工作的开展,为变电系统检修计划的制定带来帮助。再如维修变电系统地下电缆的过程中需要在地下嵌入传感器,然后通过 5G 技术监测与跟踪,之后把数据传递给相关部门,及时消除生产中的安全隐患。整体来讲,在定期维修互联网设备的同时需要监控相关技术数据,由此合理选择 5G 网络,最终确保变电顺利进行。

4.2 5G 时代下物联网技术在电力系统发电环节中的应用

当前我国的电力系统中主要是采取风力发电技术,尽管应用了清洁能源,不过带来的经济效益不高。移动网发展促进了互联网技术发展,并且在电力系统发电环节发挥重要作用。物联网技术也是从 3G 技术、4G 技术发展而来,为电力系统运行奠定了基础,主要是把智能技术建立于数字语音以及图像基

础上。现阶段 5G 网络开始影响人们生活和行业发展，互联网技术也是今后网络信息技术发展的关键，需要技术人员继续加强对互联网技术的研发，这一过程中如何提升发电质量就是研究重点。随着 5G 网络与互联网的深度结合，为电力企业发电提供巨大支持，比如改造与升级了风力发电系统，主要是通过系统内部设置传感器监测天气变化与温度数据，起到对风力发电机的调整作用，并且减少了运行成本。需要说明的是，在 5G 网络创新研发过程中要明确通信网络发展历史以及电力系统发电功能，结合 4G、5G 网络的优势，由此为电力系统运行提供保障^[6]。

4.3 5G 时代下物联网技术在电力系统用电环节中的应用

物联网技术不仅在发电环节、输电环节和配电环节得到了深度应用，随着 5G 时代的到来互联网技术被广泛用于用电环节，主要特征在于提升了智能终端的智能化与系统化。当前在用户用电情况监测中主要是将传感器晶片安装在用电设备中，之后结合不同地区的用电情况加以调配，比如针对用电大户加强电力资源供应，而电力资源需要较小的地区减少电力设备提供，而大型公共空间中红外传感器发现区域内无人可以自动关闭照明系统。在管理用户电力信息中也可以通过物联网技术自动统计，并且智能扣费，在保障精准性的同时减少了人员抄表的时间成本，更能对窃电行为进行分析。相关统计显示，用电系统中缴费 APP 为当前人们主要的缴费方法，并且显著节约了电力企业的用电管理成本。而物联网技术在用电环节的应用也在加强，当前我国电力系统在用电环节为互联网技术提供了智能设备，对用电设备的用电管理提供了技术支持，提升了人们的生活水平。

此外，随着新能源的出现，当前我国新能源汽车市场逐渐发展，5G 时代下互联网技术为新能源汽车中的电动汽车提供技术支持，通过分析电动汽车发展水平以及负荷特征，再结合电价科学管理，同时能够系统性控制电动汽车充电和放电系统，通过系统化的管理模式助力用电行业健康发展，而物联网技术支持下智能电表继续扩大了利润空间，通过智能设备的应用综合控制了用电设备的用电量，由此避免电力资源浪费。

5 5G 通信技术在泛在电力物联网中应用由于展望

5.1 联合仿真

电力仿真是电力系统分析中的重要手段，也是分析电力系统运行状态、电网运行方案安全性的关键。当前国内诸多厂家研发了多元化的电力系统仿真软件，能够确保通信系统运行稳定。仿真分析系统随着泛在电力物联网的发展将和电力网络深度耦合，而 5G 通信网络是分析电力互联网的关键，需要对新型仿真软件、仿真软件接口加强研发，这是 5G 技术用于电力物联网的必然。

5.2 联合优化

泛在电力物联网可为多样化并且分散的 5G 通信基站提供电力支持，由此实现通信网络和电力网络能量上的交换，在供需层面有效互动，提升 5G 通信技术和电力网络联合的可能性。当前单靠 5G 通信系统优化控制电力流还存在一定难度，通过电力网络和 5G 通信网络的结合能够满足今后的通信需求，所

以我国需要继续对 5G 通信网和电力网的联合应用深入研究。

5.3 安全隐私

在信息化时代下安全隐私是关键问题，5G 通信技术让信息安全隐私降低，不过也使得通信安全存在挑战，安全和隐私是影响电力物联网的关键因素，并且会对电力系统产生重大影响，所以需要针对电力系统中的相关数据设置保密级别和数据获取权限，由此实现数据传输和共享。

5.4 控制复杂对象

泛在电力物联网就是通过电力等实物连接通信网，在这一基础上分析数据采集和设备运行状态，由此控制相关对象，在今后泛在电力物联网发展过程中连接对象将更加多极化、复杂化，需要电力企业优化算法，由此实现电力物联网实时控制海量对象。

5.5 透明化和态势感知

为了实时感知电力互联网的运行状态，电力企业需要安装海量传感器加以感知，不过现阶段配电网监测能力不足，可视性较差，难以直接测量配电网闭环设计开环运行的拓扑信息，5G 通信技术的发展为电力物联网数据采集分析提供了条件，能够实现配电网实时态势感知。

5.6 商业模式多元化

在电力系统中应用 5G 通信技术能够优化商业模式，并且推动电力物联网孕育全新的商业模式，比如 5G 通信中的端对端技术能够促进电子商务，降低交易通信成本。再如 5G 通信对虚拟电厂负责的对象加以协调，由此保证电厂运行的安全可靠。

6 结语

综上所述，5G 移动通信技术具有诸多的优势，是智能电网建设的关键技术。在电力系统中综合应用 5G 技术和物联网技术可以实现发电、输电、配电、变电等环节的稳定运行，助力电力企业的转型发展。基于此，相关行业在今后仍需继续加深对物联网技术的分析与应用，使其最大程度地保证电力系统稳定性，为用户提供更加优质的服务，全力保障社会稳定发展。

参考文献：

- [1] 张峻诚. 基于物联网和 5G 技术的电力调度自动化系统研究[J]. 光源与照明, 2022, 12(07): 171-173.
- [2] 曹伟. 探析 5G 时代物联网技术在电力系统中的应用[J]. 数字通信世界, 2021, 22(04): 148-149.
- [3] 刘航, 陈肖龙, 李卓晖. 物联网及 5G 技术在电力系统中的应用体系研究[J]. 电力系统装备, 2021, 22(17): 28-30.
- [4] 夏顾锋, 严晓军. 5G 环境下的电力系统物联网技术应用[J]. 科海故事博览, 2021, 22(30): 9-10.
- [5] 刘端朝, 刘海燕. 基于 5G 通信技术的改进电力物联网架构研究[J]. 自动化仪表, 2023, 44(02): 80-85.
- [6] 余蕊, 张宁池, 王艳茹. 面向电力物联网的 5G 通信认知无线电 NOMA 系统研究[J]. 中国电力, 2021, 54(05): 35-45.

作者简介：钟少伟（1987-），男，山东高密人，工程师，中国人民大学技术经济及管理在读硕士研究生，主要从事通信应用研究。