

5G背景下智能电网的低延迟通信优化方案

潘海涛 田超凡

中国通信建设第二工程局有限公司 陕西 西安 710119

摘要: 随着5G技术的普及,智能电网低延迟通信的优化成为关键。本文探讨了5G技术背景下智能电网低延迟通信的优化方案。介绍了5G技术的核心特性和优势。分析了当前智能电网在低延迟通信方面面临的问题。提出了具体的优化方案,包括网络架构优化、通信技术优化、业务调度与资源管理优化、设备性能优化等。最后展望了智能电网低延迟通信的技术创新方向,旨在为智能电网的发展提供有力支持。

关键词: 5G背景下智能电网;低延迟通信;优化方案

引言: 随着5G技术的快速发展,智能电网作为未来电力系统的重要发展方向,对低延迟通信的需求日益迫切。5G技术以其高速率、低延迟和大容量的特性,为智能电网的低延迟通信提供了有力保障。但当前智能电网在低延迟通信方面仍面临诸多挑战。本文旨在探讨5G背景下智能电网低延迟通信的优化方案,以推动智能电网的进一步发展。

1 5G技术的核心特性和优势

1.1 5G技术的核心特性

5G技术的最直观特性在于:(1)提供的高速数据传输速率。相比4G技术,5G的速率有了显著的提升,用户体验速率可以达到1Gbps,甚至更高。这意味着用户可以享受到更加流畅的网络体验,无论是下载大型文件、观看高清视频,还是进行实时在线游戏,5G网络都能轻松应对。5G技术的时延极低,最低可达1ms,这对于实时通信和实时控制至关重要。在工业控制、远程医疗、自动驾驶等领域,低时延特性可以确保指令的即时传输和反馈,从而大大提升了应用的效率和安全性。(2)大连接与广覆盖。5G技术还具备大连接的能力,即能够支持更多的设备和用户同时连接网络。用户连接能力可达100万连接/平方公里,这为物联网的发展提供了坚实的基础。随着智能家居、智慧城市等应用的普及,越来越多的设备需要接入网络,5G技术的大连接特性正好满足了这一需求^[1]。5G网络还具备更好的覆盖范围,尤其是在复杂环境中,如高楼密集的城市区域、地下室等,5G网络都能提供稳定的信号覆盖,确保用户在网络覆盖范围内都能享受到高速、低时延的网络服务。

1.2 5G技术的优势

5G技术的优势使其成为推动社会进步和产业升级的重要力量,具体如下:(1)推动数字化转型。5G技术以其卓越的性能,成为推动数字化转型的重要引擎。它不仅

仅能够满足人们对高速网络的需求,还能为各行各业提供更加智能、高效的解决方案。在智能制造领域,5G技术可以实现设备之间的无缝连接,提高生产效率;在智慧城市领域,5G技术可以支持更多智能设备的接入,提升城市管理的智能化水平;在远程医疗领域,5G技术可以提供更加清晰、实时的视频通话和数据传输,使医生能够远程进行准确的诊断和治疗。(2)促进产业创新与升级。5G技术为新兴产业提供了更加坚实的基础设施,如自动驾驶、无人机、虚拟现实等领域,都将受益于5G技术的高速、低时延特性;5G技术也将推动传统产业的数字化转型,如农业、教育、医疗等领域,通过引入5G技术,可以实现更加智能化、高效化的生产和服务模式。

2 当前智能电网在低延迟通信方面面临的问题

2.1 通信网络的延迟瓶颈

智能电网的通信网络是实现信息传输和控制指令下达的关键。但当前许多智能电网通信系统仍采用传统的有线或无线通信技术,这些技术在面对大规模数据传输和实时控制需求时,往往表现出较高的延迟。尤其是在偏远地区或复杂地形中,通信网络的覆盖和质量问题进一步加剧了延迟问题。这种延迟影响数据的实时性,还可能导致控制指令的滞后或失效,对电力系统的稳定运行构成威胁。

2.2 数据处理和存储能力的限制

智能电网需要处理和分析大量来自传感器、计量设备和用户终端的数据。现有的数据处理和存储系统在面对海量数据时,往往面临处理能力不足和存储瓶颈的问题。这导致数据在传输和处理过程中产生延迟,影响了智能电网的实时响应能力。此外,数据处理的延迟还可能影响对电力系统状态的准确判断,从而降低了智能电网的可靠性和安全性。

2.3 网络拓扑和路由选择的复杂性

智能电网的通信网络通常具有复杂的拓扑结构和多种路由选择。这种复杂性增加了通信网络的管理和维护难度,还可能导致通信路径上的延迟。特别是在网络出现故障或拥塞时,智能电网需要快速找到替代路径以确保通信的连续性。但现有的网络拓扑和路由选择算法在面对这种动态变化时,往往表现出较高的延迟和不确定性,这进一步增加了智能电网在低延迟通信方面的挑战。

2.4 设备兼容性和标准化问题

智能电网中的通信设备种类繁多,不同设备之间的兼容性和标准化问题也是导致低延迟通信难以实现的重要因素。由于设备制造商之间的差异和通信协议的不统一,智能电网中的通信设备在数据传输和交互过程中可能产生额外的延迟^[2]。此外,缺乏统一的通信标准和接口规范也限制了智能电网的互操作性和可扩展性,从而影响了低延迟通信的实现。

3 5G 背景下智能电网低延迟通信优化方案

3.1 网络架构优化

在5G技术的推动下,智能电网的网络架构优化成为提升低延迟通信能力的关键,具体优化方案如下:(1)引入边缘计算。边缘计算通过在网络的边缘部署计算资源,实现数据处理和分析任务的就近处理,有效减少了数据从源头到云端的传输距离,从而大幅降低了通信延迟。对于智能电网来说,这意味着监测和控制设备的数据可以即时在边缘节点得到处理,仅需将关键信息上传至中心控制系统,显著提升了系统的响应速度和效率。

(2)构建分布式网络架构。传统智能电网通常采用集中式管理,数据和信息需从各监测点集中传输至中央控制中心,这种模式在面对大规模数据传输和实时控制需求时,往往容易产生瓶颈,导致延迟增加。而分布式网络架构通过在网络中部署多个控制节点,实现数据的分布式处理和存储,提高了系统的响应速度,还增强了系统的可靠性和稳定性。(3)融合多种通信技术。智能电网的通信网络需支持多种数据类型和传输需求,包括实时监测数据、控制指令、视频流等。为此,可以综合考虑5G、Wi-Fi 6、LoRa、NB-IoT等多种通信技术,构建更加灵活和高效的通信网络^[3]。对于实时监测数据和控制指令等需要高速、低延迟传输的业务,可采用5G技术;而对于低功耗、广覆盖的物联网设备,则可选择LoRa或NB-IoT技术,以满足不同业务场景下的通信需求。

3.2 通信技术优化

在智能电网的通信技术优化方面,以下方案成为提升低延迟通信能力的关键策略。(1)利用5G切片技术。通过将网络资源划分为多个虚拟网络切片,每个切片可

以根据特定的业务需求进行优化和配置。智能电网可以利用这一技术构建专用的通信切片,以满足实时监测、控制指令传输等低延迟业务需求。通过精细调整切片中的网络参数和资源分配,可以进一步提升通信的实时性和可靠性,确保智能电网的稳定运行。(2)引入多路径传输技术。面对复杂的地形和天气条件,单一路径的传输容易受到干扰和中断。而多路径传输技术通过同时利用多个通信路径传输数据,提高了通信的冗余度和容错能力。当某个路径出现故障或拥塞时,系统能够迅速切换到其他路径,确保数据的连续传输和实时性,为智能电网的可靠运行提供了有力保障。(3)优化频谱资源分配。频谱资源作为通信网络中最重要的资源之一,其合理规划和分配对于提高通信效率和可靠性至关重要。通过采用动态频谱共享、频谱聚合等技术,可以更加灵活地利用频谱资源,提高资源的利用率和灵活性。根据智能电网的业务需求和传输特性,对频谱资源进行精细化管理和优化,可以确保通信的实时性和可靠性,为智能电网的高效运行提供有力支持。

3.3 业务调度与资源管理优化

在智能电网的业务调度与资源管理优化中,实时以下优化方案成为提升低延迟通信能力的核心策略。(1)实时业务优先调度。智能电网中的业务种类繁多,包括实时监测、控制指令、数据采集等,这些业务对通信延迟的要求各不相同。为了实现低延迟通信,需要制定合理的调度策略,确保实时监测和控制指令等关键业务能够优先获得网络资源和服务。通过优化调度算法,可以实时评估各业务的优先级,并动态调整资源分配,从而有效降低通信延迟,提升智能电网的响应速度和稳定性。(2)动态资源分配与调整。智能电网的通信网络需要支持多种业务类型和传输需求,因此需要根据业务需求和网络资源情况,动态地分配和调整资源。通过引入智能资源管理系统,可以实时监测网络状态和业务需求,根据实时数据动态调整网络参数和资源分配,以实现通信资源的最大化利用。这种动态调整不仅提高了通信的实时性和可靠性,还为智能电网的灵活运行提供了有力支持。(3)跨层优化与协同。智能电网的通信网络通常包括多个层次,如物理层、数据链路层、网络层等。为了实现跨层优化与协同,需要在不同层次之间共享信息和协同工作,以提高通信的效率和可靠性。在物理层和数据链路层之间实现联合优化,可以降低传输错误率和重传次数;在网络层和应用层之间实现协同调度,可以优化资源利用和业务性能。这种跨层优化与协同不仅提升了智能电网的通信性能,还为智能电网的智

能化管理和优化提供了新思路。

3.4 设备性能优化

在智能电网的构建与运行中,设备性能优化对于通信设备而言,其性能直接影响到整个系统的数据传输效率与稳定性。为了不断提升通信设备的性能,需聚焦于以下几个核心方面。(1)提高数据传输速率。这要求在硬件技术上寻求突破,采用更先进的芯片与组件,优化电路设计,以确保数据在传输过程中的高速与流畅。

(2)降低功耗。直接关系到设备的续航能力与长期运行成本。通过精细的功耗管理策略与节能技术的应用,我们可以有效延长设备的使用寿命。(3)增强通信设备的抗干扰能力。在复杂的电磁环境中,设备必须能够抵御各种干扰,确保数据的准确传输。这需要采用先进的抗干扰技术与材料,提升设备的防护等级。(4)在智能电网的终端设备层面,优化配置。针对传感器、计量设备、控制终端等多样化的终端设备,要依据实际需求,精心挑选适合的通信模块与协议,以最大化数据传输的效率与可靠性。通过优化软件算法与参数设置,我们可以进一步提升设备的性能表现。加强对终端设备的维护与管理,定期进行性能检测与软件升级,也是确保其长期稳定运行的关键措施。为了进一步提升通信设备的可靠性与稳定性,引入智能监测与诊断技术势在必行。通过实时监测设备的运行状态与性能指标,能够及时发现潜在的故障与问题,并利用先进的诊断算法与工具进行快速定位与修复。这一技术的应用,能够显著提升设备的运行效率,还能有效降低运维成本与时间成本,为智能电网的稳健运行提供有力保障。

3.5 智能电网低延迟通信的技术创新

在5G技术的持续推动下,智能电网低延迟通信的未来充满了无限可能。随着技术的不断进步与创新,可以预见,智能电网的通信性能将得到进一步提升,从而满足更加复杂和多样化的业务需求。可以期待更多创新通信技术的应用,如量子通信、光通信等前沿技术。这

些技术有望为智能电网提供超高速、超低延迟的通信能力,进一步推动智能电网向智能化、自主化方向发展。随着物联网技术的深入发展,智能电网中的终端设备将更加智能化、网络化,实现更加高效的数据采集、传输和处理。在技术创新方面,智能电网的通信系统将更加注重安全性和隐私保护^[4]。随着数据泄露和网络攻击事件的不断增多,智能电网需要采用更加先进的加密技术和安全防护措施,确保数据的机密性、完整性和可用性。为了应对日益增长的数据传输需求,智能电网还需要不断探索新的频谱资源利用方式和频谱共享技术,以提高通信系统的容量和效率。除了技术创新,智能电网低延迟通信的优化还需要跨领域、跨行业的合作与协同。电力、通信、信息技术等多个领域需要紧密合作,共同推动智能电网的发展。同时企业、科研机构等各方也需要加强合作与交流,共同制定行业标准和规范,推动智能电网技术的标准化和产业化进程。

结束语:本文通过对5G背景下智能电网低延迟通信优化方案的研究,提出了多种有效的优化策略。这些策略的实施将显著提升智能电网的通信性能,满足其低延迟、高可靠性的需求。随着技术的不断进步和创新,智能电网低延迟通信将实现更加高效、智能、安全的运行。本文的研究成果将为智能电网的发展提供有力支持,并为其在实际应用中的推广提供有益参考。

参考文献

- [1]张良,卢祥梅.5G背景下智能电网的低延迟通信优化方案[J].通信电源技术,2025,42(2):76-78.
- [2]孙明宇,边麟龙.基于电力通信的超可靠低延迟通信应用研究[J].通信电源技术,2024,41(21):86-88.
- [3]刘譞,尹宏.基于5G的智能配电网通信终端设计与应用[J].信息记录材料,2025,26(1):169-171.
- [4]斯伟杰,胡皓翔.基于5G通信技术的智能配电网实时监控[J].通信电源技术,2024,41(21):186-188.