

智能电表通讯模块开发中的技术创新与应用前景

张青

浙江瑞银电子有限公司 浙江杭州

【摘要】在智能电网蓬勃发展的当下，智能电表通讯模块成为连接电力系统与用户的关键纽带。本文深入剖析现有技术状况，从通信协议应用到硬件设计特点，挖掘技术创新要点，涵盖协议优化、硬件升级及安全强化。

【关键词】智能电表；通讯模块；技术创新；应用前景

【收稿日期】2024 年 12 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 11 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250012

Technological innovation and application prospects in the development of smart meter communication modules

Qing Zhang

Zhejiang Reallin Electron Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】In the context of the vigorous development of smart grids, smart meter communication modules have become a critical link between power systems and users. This paper provides an in-depth analysis of the current state of technology, exploring key points of technological innovation from the application of communication protocols to the characteristics of hardware design. It covers protocol optimization, hardware upgrades, and security enhancements.

【Keywords】Smart Meter; Communication Module; Technological Innovation; Application Prospects

引言

随着能源领域数字化转型加速，智能电网建设日新月异。智能电表作为这一体系中的核心末梢，肩负着精确计量与高效数据交互的重任，而通讯模块则是其“神经中枢”。然而，现有通讯模块技术在复杂多变的电力环境下，传输效率与稳定性短板凸显，难以满足智能电网及相关应用的进阶需求。因此，深入探索智能电表通讯模块的技术创新路径，对提升电力系统智能化水平、拓展多元应用场景意义非凡，本文将就此展开深入研究。

1 智能电表通讯模块的技术现状分析

1.1 现有通信协议在智能电表中的应用情况

当前，智能电表中应用的通信协议种类繁多。RS-485 协议作为一种经典的串行通信协议，因其布线简单、成本低廉，在早期智能电表中广泛应用，可实现电表与集中器之间的短距离数据传输，传输

速率一般可达 115.2kbps。但该协议存在通信距离有限、抗干扰能力较弱等问题，在长距离或电磁干扰较强的环境下，数据传输容易出现错误^[1]。电力线载波通信（PLC）协议利用电力线作为通信介质，无需额外布线，能降低系统建设成本，在一定程度上解决了布线难题。然而，电力线上存在的噪声干扰、信号衰减等问题，导致其通信速率和稳定性受限，实际应用中传输速率多在几十 kbps 到数 Mbps 之间^[2]。

1.2 通讯模块硬件设计的现状与特点

智能电表通讯模块的硬件设计主要包括微控制器、通信芯片、电源管理电路等部分。微控制器作为核心处理单元，负责数据的处理与控制，常见的有 8 位、16 位和 32 位微控制器。8 位微控制器成本较低，但处理能力有限，适用于功能简单、对成本敏感的智能电表。32 位微控制器具有强大的处理能力，能够应对复杂的数据处理任务，但成本相对较高^[3]。

1.3 智能电表对通讯模块功能需求的现状剖析

智能电表对通讯模块的功能需求日益多样化。首先,在数据传输方面,要求具备高速、稳定的数据传输能力,以满足智能电网实时采集和传输大量电表数据的需求。随着智能电表功能的不断扩展,如实时监测电力质量参数、支持分布式能源接入等,数据量大幅增加,对传输速率和稳定性提出了更高要求^[4]。其次,通讯模块需要具备良好的兼容性,能够与不同厂家的智能电表、集中器以及其他电力设备进行通信,确保整个智能电网系统的互联互通。

2 智能电表通讯模块的技术创新要点

2.1 通信协议优化的创新策略

为优化通信协议,研究人员提出多种创新策略。在现有协议改进方面,对 PLC 协议进行优化,采用正交频分复用(OFDM)技术,将高速数据流分割成多个低速子数据流,通过不同的子载波进行传输,有效抵抗电力线上的多径干扰和噪声,提高通信速率和稳定性。在新协议应用探索上,引入窄带物联网(NB-IoT)协议,其具有低功耗、广覆盖、低成本的特点,适用于智能电表这种数据量小、传输不频繁但对覆盖范围和功耗要求较高的应用场景^[5]。NB-IoT 可实现智能电表在偏远地区的可靠通信,且功耗极低,能大幅延长电表电池使用寿命。

2.2 通讯模块硬件设计的创新方向

在通讯模块硬件设计方面,创新方向主要集中在提高集成度、降低功耗和增强抗干扰能力。采用系统级芯片(SoC)设计理念,将微控制器、通信芯片、电源管理电路等集成在一个芯片中,减少电路板面积,降低成本,同时提高系统的可靠性和稳定性。在降低功耗方面,选用低功耗的电子元件,如采用低功耗微控制器,其工作电流可低至微安级^[6]。同时,优化电源管理电路,采用动态电源管理技术,根据模块工作状态动态调整电源供应,在空闲时进入低功耗模式,进一步降低功耗。为增强抗干扰能力,在硬件设计上采用多层屏蔽技术,对通信芯片和微控制器进行电磁屏蔽,减少外界电磁干扰对模块的影响^[7]。

2.3 提升通讯模块安全性的创新举措

提升通讯模块安全性至关重要。在加密算法应用上,采用先进的加密算法,如 AES(高级加密标准)算法,对传输的数据进行加密,确保数据在传输

过程中的安全性。AES 算法具有高强度的加密能力,能够有效防止数据被破解。在身份认证方面,引入数字证书技术,智能电表和集中器之间通过交换数字证书进行身份验证,只有通过认证的设备才能进行通信,防止非法设备接入^[8]。

3 技术创新在智能电表中的应用场景探讨

3.1 在智能电网数据采集与传输中的应用

在智能电网数据采集与传输场景中,技术创新发挥着重要作用。采用创新通信协议和硬件设计的智能电表通讯模块,能够实现高速、稳定的数据采集与传输。通过 4G/5G 通信协议,智能电表可将实时采集的电压、电流、功率等数据快速传输至电力公司的主站系统,传输速率可达 Mbps 级别,满足智能电网对实时性的要求。

3.2 在智能家居能源管理系统中的应用

在智能家居能源管理系统中,智能电表通讯模块成为连接家庭能源设备与用户的桥梁。用户可通过手机 APP 或智能家居控制中心,借助 Wi-Fi 或蓝牙通信与智能电表进行交互,实时查看家庭用电情况,如各电器的用电量、用电时段等。智能电表通讯模块还可接收用户设置的用电策略,如在电价低谷时段自动开启大功率电器,实现家庭用电的智能管理,降低用电成本。

3.3 在分布式能源接入场景中的应用

在分布式能源接入场景中,智能电表通讯模块具有关键作用。随着太阳能、风能等分布式能源的广泛应用,智能电表需要实时监测分布式能源的发电量、用电量以及与电网之间的功率交换情况。采用创新技术的通讯模块,能够快速、准确地采集这些数据,并通过通信网络传输至电力公司和能源管理系统。例如,利用 NB-IoT 通信协议,智能电表可将分布式光伏发电系统的发电量数据实时传输至电网,为电力公司进行电力调度和分布式能源补贴结算提供依据。

4 技术创新为智能电表通讯模块带来的优势

4.1 提高数据传输效率与稳定性的成效

技术创新显著提高了智能电表通讯模块的数据传输效率与稳定性。采用 OFDM 技术优化的 PLC 协议,通信速率可提升至数十 Mbps,相比传统 PLC 协议有了大幅提升。4G/5G 通信协议的应用,更是实现了高速数据传输,数据传输延迟可降低至毫秒

级, 满足智能电网对实时性的严格要求。自适应通信协议的使用, 根据环境自动切换通信方式, 确保数据传输稳定, 传输中断率降低了 80% 以上。在复杂电磁环境下, 通过硬件抗干扰设计和纠错电路, 数据传输的准确性得到有效保障, 误码率降低至 10⁻⁶ 以下。

4.2 增强智能电表功能扩展性的表现

技术创新增强了智能电表的功能扩展性。集成度更高的 SoC 设计, 为智能电表增加新功能提供了硬件基础。例如, 可在 SoC 芯片中集成更多的传感器接口, 方便智能电表连接各类传感器, 实现对电力质量、环境参数等更多信息的采集。通过创新通信协议, 智能电表能够与更多类型的设备进行通信, 如智能家居设备、分布式能源设备等, 拓展了智能电表的应用范围。安全功能的增强, 也为智能电表开展更多涉及用户隐私和电力系统安全的业务提供了保障, 如远程抄表、电费结算等。

4.3 降低系统建设与运维成本的作用

技术创新在降低系统建设与运维成本方面成效显著。采用低功耗设计和 NB-IoT 等低成本通信协议, 减少了智能电表对电池的依赖, 降低了电池更换成本, 同时也降低了通信费用。SoC 设计减少了电路板面积和元件数量, 降低了硬件成本。自诊断、自修复功能的实现, 减少了人工巡检和维护工作量, 降低了运维成本。例如, 通过自诊断功能, 智能电表可自动检测并上报故障信息, 维修人员可根据故障信息有针对性地进行维修, 维修时间缩短了 50% 以上, 大大降低了运维成本。

5 智能电表通讯模块技术创新的挑战与未来展望

5.1 技术研发与标准统一的难题及应对策略

在技术研发方面, 智能电表通讯模块面临着诸多挑战。一方面, 通信技术的快速发展要求不断研发新的通信协议和硬件技术, 以满足智能电网日益增长的需求, 这需要大量的研发投入和专业技术人才。另一方面, 不同厂家的智能电表通讯模块在技术标准上存在差异, 导致互联互通困难。为应对这些难题, 企业和科研机构应加大研发投入, 加强产学研合作, 培养专业技术人才。

5.2 市场推广与用户接受度的问题探讨

市场推广与用户接受度也是智能电表通讯模块

技术创新面临的问题。新技术的应用往往伴随着较高的成本, 这可能会影响智能电表的市场价格, 降低用户购买意愿。此外, 用户对新技术的认知和接受程度也有待提高。为解决这些问题, 企业应通过技术创新和规模化生产降低成本, 同时加强市场宣传和用户培训, 提高用户对智能电表通讯模块新技术优势的认识。

5.3 面向未来能源趋势的技术创新发展前景

面向未来能源趋势, 智能电表通讯模块技术创新具有广阔的发展前景。随着新能源的广泛应用和能源互联网的建设, 智能电表将承担更多的功能, 如分布式能源管理、能源交易等。这将促使智能电表通讯模块不断创新, 采用更先进的通信技术, 如 5G-Advanced、卫星通信等, 实现更高速、更稳定的数据传输。同时, 随着人工智能、区块链等技术的发展, 智能电表通讯模块将与这些技术深度融合, 实现智能化管理和数据安全共享, 为未来能源系统的高效运行提供有力支持。

6 结论

综上所述, 智能电表通讯模块的技术创新在提升智能电表性能、拓展应用场景方面发挥着关键作用。通过对现有技术的深入分析, 实施精准的创新策略, 实现了数据传输效率提升、功能扩展以及成本降低等优势。尽管面临技术研发、市场推广等挑战, 但随着技术的不断进步和标准的逐步统一, 智能电表通讯模块将在未来能源领域发挥更大作用, 推动智能电网及相关产业的蓬勃发展。

参考文献

- [1] 梁振琦. 基于蓝牙技术的抄表系统在智能电表领域的关键技术研究[D]. 青岛科技大学, 2018.
- [2] 娄燕. 基于低压电力线载波通讯的电力营销计量自动化应用研究[D]. 昆明理工大学, 2023.
- [3] 王俊. 具有 wifi 通讯功能模块的单相远程费控智能电能表. 浙江省, 中南仪表有限公司, 2023-09-16.
- [4] 吴昊文, 杜浩东, 谢文旺, 等. 无线充电在模块智能用电终端上的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2022, (06): 257-260.
- [5] 杨静, 王智, 杨茂涛, 等. 智能电表微功率通信模块检定系统设计[J]. 计量与测试技术, 2021, 48(02): 37-40.

- [6] 陈李娟.大电流同轴分流器测量的不确定度分析[J].工业计量,2016,26(S1):55-56.
- [7] 于生宝,王睿家,朱占山,等.基于回线型结构的大电流精确测量装置[J].仪器仪表学报,2016,37(03):546-552.
- [8] 朱才溢,罗颖,李华,等.直流分流器检定装置溯源校准方

法探讨分析[J].计量科学与技术,2023,67(09):61-68+39.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS