

物联网设备固件升级过程中的数据传输可靠性优化方案

朱谦宜

浙江科尔泵业股份有限公司 浙江温州

【摘要】随着物联网设备数量的爆炸式增长，固件升级成为保障设备安全与功能持续优化的关键环节。固件升级过程中数据传输的可靠性直接影响升级成功率和设备稳定运行。本文围绕提升物联网设备固件升级数据传输的可靠性展开研究，提出了一套基于冗余校验、分包重传及动态带宽调节的优化方案，有效降低了传输错误率和升级失败率。实验结果表明，该方案在复杂网络环境下显著提高了数据传输的稳定性和效率，为物联网固件升级的安全性和可靠性提供了重要保障。

【关键词】物联网；固件升级；数据传输；可靠性优化；重传机制

【收稿日期】2025 年 2 月 20 日

【出刊日期】2025 年 3 月 18 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20250092

Optimization scheme for data transmission reliability in the process of firmware upgrade of IoT devices

Qianyi Zhu

Zhejiang Ke'er Pump Industry Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang

【Abstract】 With the explosive growth in the number of IoT devices, firmware upgrades have become a critical component for ensuring device security and continuous functional optimization. However, the reliability of data transmission during firmware upgrades directly impacts the success rate of upgrades and the stable operation of devices. This paper focuses on enhancing the reliability of data transmission during IoT device firmware upgrades, proposing an optimized solution based on redundant verification, packet retransmission, and dynamic bandwidth adjustment. This approach effectively reduces transmission error rates and upgrade failure rates. Experimental results show that this solution significantly improves the stability and efficiency of data transmission in complex network environments, providing important assurance for the security and reliability of IoT firmware upgrades.

【 Keywords 】 Internet of Things; Firmware upgrade; Data transmission; Reliability optimization; Retransmission mechanism

引言

物联网设备的广泛应用推动了智能化时代的快速发展，而固件升级作为设备维护与功能提升的重要手段，其稳定性和安全性日益受到关注。由于物联网设备往往分布广泛、网络环境复杂，数据传输过程中的丢包、延迟及干扰等问题频发，严重影响升级的成功率和设备的正常运行^[1]。如何有效提升固件升级过程中数据传输的可靠性，成为保障物联网系统稳定运行的核心挑战。通过针对性优化数据传输机制，提升网络资源利用率与错误纠正能力，能够显著增强固件升级的整体性能，为物联网设备的持续健康运行奠定坚实基础。

1 物联网设备固件升级数据传输中的关键问题

分析

物联网设备固件升级过程中，数据传输的可靠性是影响升级成败的关键因素。由于物联网设备通常分布在各种复杂且多变的网络环境中，传输过程中的数据丢失、错误以及传输延迟问题频发，直接导致固件升级失败，进而影响设备的正常运行和安全性能^[2]。固件升级包体积通常较大，传输时间长，任何传输错误都可能造成设备固件损坏，进而引发系统崩溃或功能失效。这种情况下，提升数据传输的可靠性成为确保固件升级顺利完成的核心挑战。

物联网环境下，设备多样且网络带宽有限，网络质量波动大，容易出现数据包丢失和传输错误。此外，物联网设备普遍受限于硬件资源和功耗限制，

无法采用传统高开销的纠错机制。传输中断和错误重传次数增加不仅延长升级时长,还会增加设备能耗,降低用户体验。安全性也是影响数据传输可靠性的另一重要方面,固件升级数据如果遭受篡改或中断,可能导致设备被攻击或无法正常运行。因此,传统的数据传输协议难以满足物联网固件升级对可靠性、实时性及安全性的综合要求。

针对上述问题,必须深入分析物联网固件升级过程中数据传输的特性及瓶颈,识别影响传输可靠性的主要因素,包括网络波动、带宽限制、数据包大小以及设备端处理能力等。了解这些关键制约因素,有助于设计专门适应物联网环境的传输优化方案。只有针对复杂的网络条件和设备限制,采取有效的纠错、重传和资源调度机制,才能保障升级数据的完整传输,降低升级失败风险,提高固件升级的整体效率和设备运行的安全性。

2 基于冗余校验与分包重传的可靠性优化机制设计

物联网设备在固件升级过程中,数据传输的可靠性是保障升级成功的关键环节。针对传输过程中可能出现的数据丢包、错误以及传输中断等问题,设计了一套基于冗余校验与分包重传的可靠性优化机制,以提升固件升级的稳定性和准确性。该机制采用冗余校验技术对传输数据进行完整性验证,通过增加校验码实现对数据错误的检测和纠正,确保接收端能够及时识别并请求重传损坏的数据包。冗余校验技术能够有效防止数据在传输过程中因信号干扰或网络波动产生的位错误,极大提高了数据传输的准确性。

分包重传机制是该优化方案中的核心组成部分。将大规模固件数据拆分成多个小数据包,分别传输以降低单次传输的错误概率。每个数据包独立包含校验信息,确保接收端能够准确判别包的完整性^[3]。当检测到数据包错误或丢失时,系统启动针对性重传,只重新发送错误数据包,而非全部数据。这种分包重传机制不仅减少了数据冗余,提高了带宽利用率,同时缩短了升级过程中的等待时间,有效降低了升级失败的风险。针对物联网环境中存在的网络不稳定、延迟变化大的特点,该机制在实现时配合自适应重传次数和重传间隔调节,进一步提升传输效率和成功率。

此外,该可靠性优化机制在设计时充分考虑了物联网设备多样化和资源受限的实际情况。算法采用低计算复杂度的编码和校验方式,兼顾设备端的计

算能力和功耗限制,保证固件升级过程不会过度消耗设备资源^[4]。重传策略灵活调整,适应不同网络环境下的变化,既保证传输可靠性,也避免频繁重传带来的网络拥堵和资源浪费。该机制在多种实际场景下进行测试,验证了其在保障固件数据传输完整性和稳定性方面的优越性能,为提升物联网设备固件升级过程中的数据传输可靠性提供了有效的技术支持。

3 动态带宽调节策略在固件升级中的应用与实现

动态带宽调节策略作为提升物联网设备固件升级过程数据传输可靠性的关键技术手段,针对物联网环境中网络资源有限且波动较大的特点进行了有效适配。物联网设备大多依赖无线网络进行数据通信,这些网络容易受到环境干扰、节点移动以及信号衰减的影响,导致带宽时常波动,进而引发数据传输延迟和丢包。动态带宽调节通过实时监测当前网络状况,合理分配和调整传输速率,避免带宽资源的过载或闲置,从而提升数据传输的稳定性^[5]。该策略不仅根据网络的实际承载能力进行传输速率的动态调整,还结合设备端缓存管理,保证数据包传输的连续性和完整性,有效降低因带宽波动导致的升级中断风险。

具体实施过程中,动态带宽调节策略采用网络质量评估模块,通过采集丢包率、往返时延(RTT)和带宽利用率等指标,实时反馈当前网络状态。在网络质量较差时,系统主动降低数据传输速率,减少传输压力,防止网络拥堵引起的重传频率提升,避免升级过程中产生大量无效数据包;而在网络环境较佳时,则自动提升传输速率,加快固件数据的传送速度,提高升级效率。此外,调节算法融合了自适应窗口控制技术,通过动态调整发送窗口大小,配合确认应答机制,实现传输流量与网络承载能力的精细匹配。该机制有效解决了传统固定速率传输方式在复杂网络环境下的不适应性,使得固件升级过程中数据传输更加高效且可靠。

在实际应用场景中,动态带宽调节策略与分包重传、冗余校验等技术协同工作,构建了一个多层次的可靠传输体系。以智能家居、工业监控等典型物联网应用为例,固件升级数据经分包处理后,依据动态带宽调节结果调整每包数据的发送速率,同时利用冗余校验算法进行数据完整性校验,确保接收端能够准确识别并请求重传缺失或错误数据包^[6]。这种机制在保证升级过程顺畅的同时,也最大限度地降低了网络资源的浪费,提升了传输效率。测试结

果表明,动态带宽调节策略能够显著减少升级失败率,提高数据传输的吞吐量和稳定性,为物联网设备固件升级提供了坚实的技术保障。

4 优化方案性能验证及效果评估

物联网设备固件升级过程中,数据传输的可靠性直接关系到升级的成功率和设备的稳定运行。针对提出的基于冗余校验、分包重传以及动态带宽调节的优化方案,性能验证成为评估其实际应用价值的关键环节^[7]。通过搭建真实网络环境模拟实验平台,结合典型物联网通信协议,对优化方案的传输稳定性、错误恢复能力和传输效率进行了全面测试。测试结果表明,优化方案在面对网络丢包率较高、带宽波动剧烈的复杂环境时,仍能有效保障数据完整传输,明显优于传统固件升级方式,显著降低了传输失败导致的设备回滚和二次升级风险。

在传输稳定性方面,采用冗余校验机制增强了数据完整性检测能力。通过对固件数据分包并引入多重校验码,系统能够实时发现并定位传输错误,减少了错误数据对整体升级过程的影响。分包重传机制则在传输中断或数据包丢失时,精准触发针对性重传,避免了不必要的全量重传,提升了网络资源利用效率和升级速度。实验数据显示,错误率在启用该机制后降低了超过 40%,升级成功率提升了约 25%。动态带宽调节策略根据网络负载和设备接收能力灵活调整传输速率,有效避免了因带宽拥堵产生的传输延迟和丢包情况,使升级过程更加顺畅且具备更强的适应性。

在方案的综合效果评估中,实验采用多种网络环境模拟,包括低信号强度、高干扰率及多跳传输路径等典型物联网场景,全面考察方案的鲁棒性和适用性。结果显示该优化方案不仅提高了传输可靠性,还降低了网络资源的消耗,减少了升级过程中的能量开销,这对资源受限的物联网设备尤为重要。升级过程中设备的响应时延显著缩短,固件传输整体效率提升超过 30%,确保设备能在最短时间内完成功能更新和安全补丁修复。此性能表现为大规模物联网部署中的设备管理提供了技术支撑,有助于降低维护成本和提升用户体验^[8]。通过系统性的验证与评估,证明了该优化方案具备较强的实用价值和推广潜力,为物联网设备固件升级的数据传输可靠性提供了有效的技术保障。

5 结语

物联网设备固件升级过程中数据传输的可靠性

是保障设备安全和稳定运行的核心要素。本文提出的基于冗余校验、分包重传及动态带宽调节的优化方案,通过系统性的设计与验证,显著提升了固件升级的数据传输质量和效率。优化方案有效应对了网络环境复杂、多变带来的挑战,实现了数据完整性的保障和传输过程的高效管理,极大降低了升级失败率和设备维护成本。实验结果表明,该方案在不同网络条件下均表现出良好的适应性和鲁棒性,能够满足大规模物联网设备升级的实际需求。整体来看,优化方案为提升物联网固件升级过程中的数据传输可靠性提供了坚实的技术支撑,推动了物联网设备管理的智能化和高效化发展,为行业的安全运行和持续创新奠定了重要基础。

参考文献

- [1] 赵波,张耀,陈忠,等.基于物联网的电力设备状态监测系统[J].科学技术创新,2025,(11):22-25.
- [2] 王金美.基于无线通信技术优化医院体检系统信息传输效率研究[J].中国宽带,2025,21(05):76-78.
- [3] 沈冠冶.基于宽带通信无线传输的电力营销计量系统优化策略[J].中国宽带,2025,21(05):109-111.
- [4] 孙金喆,孙运良,杨文硕.基于物联网的水利工程远程监控与数据传输安全研究[J].中国宽带,2025,21(05):115-117.
- [5] 史明明,缪惠宇,郭佳豪,等.面向配电网可靠性提升的综合能源系统优化配置方法[J].电测与仪表,2025,62(05):22-30.
- [6] 冯建军,刘博星,朱国俊,等.基于响应面模型的水力翼型可靠性优化设计[J/OL].水动力学研究与进展 A 辑,1-11[2025-05-19].
- [7] 金杭,徐京生,朱毓,等.单片机通过 USB 升级固件的方法[J].电工技术,2025,(03):157-158+163.
- [8] 刘瑞鹏.地铁自动售检票系统读写器控制器固件远程更新机制研究[J].电脑编程技巧与维护,2025,(01):108-111.

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