

物联网设备中的低功耗蓝牙技术实现远程监控的效能评估

刘梦琼

深圳市宝安区松岗宏发君域幼儿园 广东深圳

【摘要】 物联网蓬勃发展，低功耗蓝牙于远程监控应用愈发关键。本研究围绕其在物联网设备中的表现，综合评估连接稳定性、数据传输效能、能耗管控及安全防护等维度。经大量实验与实际场景验证，精准剖析技术优势与短板，给出针对性优化策略，旨在提升物联网远程监控整体质量，为相关领域发展注入动力，拓展低功耗蓝牙技术的实践边界。

【关键词】 物联网；低功耗蓝牙；远程监控；效能；优化策略

【收稿日期】 2025 年 2 月 24 日 **【出刊日期】** 2025 年 3 月 28 日 **【DOI】** 10.12208/j.jer.20250142

The low-power Bluetooth technology in the Internet of Things devices is used to evaluate the performance of remote monitoring

Mengqiong Liu

Songgang Hongfa Junyu Kindergarten, Bao'an District, Shenzhen, Shenzhen, Guangdong

【Abstract】 The Internet of Things (IoT) is booming, and low-power Bluetooth is becoming increasingly crucial for remote monitoring applications. This study focuses on its performance in IoT devices, comprehensively evaluating aspects such as connection stability, data transmission efficiency, energy management, and security protection. Through extensive experiments and real-world scenario validation, the study precisely analyzes the strengths and weaknesses of the technology, providing targeted optimization strategies aimed at enhancing the overall quality of IoT remote monitoring. The goal is to inject momentum into the development of relevant fields and expand the practical boundaries of low-power Bluetooth technology.

【Keywords】 Internet of Things; Low-power Bluetooth; Remote monitoring; Efficiency; Optimization strategy

引言

当下，物联网如浪潮席卷各行业，远程监控成为众多领域刚需。传统监控手段受限于线缆铺设、高能耗等难题，难以适应复杂多变的应用场景。低功耗蓝牙技术顺势登场，以其低能耗、易部署特性备受瞩目。在多样化的物联网设备应用中，该技术实际效能如何，能否应对复杂电磁、高数据量、长续航需求等挑战，亟待深入探究，这正是本次研究聚焦之处，力求为物联网高效发展答疑解惑。

1 连接稳定性探究

在物联网远程监控体系里，设备间稳固连接是基石。低功耗蓝牙凭借自适应跳频、前向纠错编码等先进技术手段，具备对抗复杂电磁环境干扰的理论能力，为稳定连接提供了有力支撑。但现实场景极为复杂，以智

能家居场景为例，家中 Wi-Fi 路由器、蓝牙音箱、微波炉、无绳电话等各类无线设备同时运行，2.4GHz 频段拥挤不堪，低功耗蓝牙连接时常“摇摇欲坠”^[1]。在初期部署智能灯泡、智能窗帘等设备时，用户频繁遭遇连接中断问题，数据传输受阻，如智能灯泡会突然熄灭或无法响应手机控制指令，智能窗帘在开合过程中莫名停止，严重影响用户体验，使智能家居的便捷性大打折扣。

为破解这一困境，一方面优化蓝牙信道分配，利用信道监测技术，实时扫描各信道的信号强度、干扰情况等参数，智能避开干扰严重频段，动态切换至相对“清净”信道。当监测到某个信道被 Wi-Fi 信号严重干扰时，设备能在几毫秒内自动切换到另一个干扰较小的信道继续通信^[2]。另一方面结合设备休眠唤醒策略，在

设备空闲时段深度休眠,减少信号冲突,同时依据信号强度实时动态调整连接参数,如调整发射功率、重传次数等,增强连接韧性。后续测试表明,在一个拥有10台不同无线设备的家庭环境中,经过优化后连接中断次数从每小时10余次大幅降低至每月不足5次,稳定性显著提升。

不仅如此,面对复杂环境中的障碍物,如仓库监控场景下林立的货架对蓝牙信号的严重削弱,通过合理部署蓝牙中继节点,构建多跳传输网络,信号得以像接力赛跑般绕过障碍,有效拓展覆盖范围。经反复测试与优化,在一个面积达5000平方米、货架高度3米的大型仓库中,即便是仓库最深处角落的温湿度传感器,也能稳稳接入网络,持续回传监控数据,为库存管理、货物保存提供坚实数据基础,足见优化后的连接稳定性对物联网远程监控的关键支撑作用。

2 数据传输效能剖析

低功耗蓝牙的数据传输速率直接关乎物联网监控的实时性。其标准速率有1Mbps、2Mbps等多种可选,不同物联网设备适配各异。在医疗健康监测领域,像实时心电监测设备,需高采样率采集并快速传输心电数据,稍有延迟都可能影响诊断。在对心脏病患者进行24小时连续监测时,每秒钟需采集上百个心电数据点,若传输延迟超过1秒,医生可能错过关键的异常心电信号^[3]。起初采用单模低功耗蓝牙传输时,面对复杂生理数据传输出现明显延迟,给远程医疗诊断带来隐患,如医生在接收心电数据时,图像出现卡顿、不连续的情况,难以准确判断病情。

引入双模切换机制,在紧急状况下,如检测到心电异常波动,瞬间切换至高速传输模式,确保关键数据第一时间送达;而在常规监测时段,采用低速率传输,既满足基本监测需求,又大幅降低功耗。数据传输准确性是监控可靠性的生命。传输过程中误码一旦出现,极易误导监控端判断^[4]。针对此,引入分层校验算法,依据数据重要性分级,对关键生理指标数据进行多重校验,普通数据则采用基础校验,全方位保障数据可靠抵达监控端,为医疗人员提供精准决策依据。对于心率、血压等关键数据,采用CRC循环冗余校验、海明码校验等多重校验方式,确保数据准确率达到99.99%以上。

面对大数据量传输,低功耗蓝牙也有应对之策。在环境监测物联网,众多传感器数据汇聚,若不加优化,极易引发网络拥塞。通过深入分析网络负载,精细优化数据包大小与发送间隔,根据实时流量动态调整传输策略,避免数据拥塞。并且利用缓存机制,在设备端开

辟临时存储空间,当网络繁忙时暂存数据,待空闲时批量高效传输,极大提升带宽利用率。在一个由100个空气质量传感器、50个土壤湿度传感器组成的小型环境监测网络中,经过优化后,数据传输成功率从70%提升至95%以上。如此,海量的空气质量、土壤湿度等环境参数得以顺畅传输至云端,为生态研究、环境污染防治提供精准一手资料,充分释放低功耗蓝牙在数据传输上的潜能。

3 能耗管控策略

低功耗特性无疑是低功耗蓝牙在物联网领域的核心竞争力,这一特性对于依靠电池供电的物联网设备而言,甚至可以说是生死攸关。在实际运行中,设备在待机、连接、传输等不同阶段的能耗表现存在显著差别。以智能穿戴设备这一常见的物联网应用为例,其在日常使用中大部分时间都处于待机状态。倘若设备持续保持信号搜索,电量将会如决堤之水般迅速耗尽^[5]。而当采用深度休眠结合定时唤醒搜网的策略后,情况则大为改观。设备在绝大部分时间里都能处于低功耗休眠状态,仅在预设的特定时段短暂唤醒,快速搜索信号,这一举措使得能耗大幅降低。比如一款典型的智能手环,在采用该策略之前,满电状态下仅仅能够维持3天的正常使用,而经过优化后,其续航时间成功延长至7天,续航能力提升了一倍有余。

当设备处于连接态时,优化连接参数便成为降低能耗的关键所在。在确保连接稳定性的大前提下,尽可能地将发射功率调至最低必要值,从而有效减少不必要的能量损耗。在数据传输环节,依据数据紧急程度进行变频传输的策略也极具成效。对于非关键数据,采用低速率传输模式,这种方式既能节省能源,又能保证传输的高效性^[6]。以物流冷链监控场景为例,传感器在此场景中肩负着实时回传温湿度数据的重任,同时还必须确保自身具备长时间的续航能力。通过对货物运输过程中的环境变化进行精准建模与预测,传感器得以动态切换工作模式。当环境稳定时,传感器自动进入低功耗监测模式,仅进行基本的数据采集与少量传输;一旦温湿度出现大幅波动,传感器则会立即切换至高频传输预警模式,及时向监控中心反馈异常情况。再搭配具有低自放电特性的电池,传感器的续航能力得以成倍延长。在一次实际为期10天的长途冷链运输测试中,采用优化策略的传感器电量消耗仅为传统方式的30%,节能效果十分显著。

能量采集技术的兴起为能耗管控开辟了全新的路径。在室内智能照明物联网场景下,光照充足区域的小

型蓝牙传感器可巧妙利用光能采集模块,将周围环境中的光能转化为电能,进而为自身补充能量。这一技术的应用,极大地减少了传感器对电池的依赖程度,同时也显著降低了设备的维护成本。通过多种能耗管控手段的协同发力,低功耗蓝牙设备得以实现持久续航,为物联网远程监控系统的长期稳定运行提供了坚实有力的后盾。

4 安全防护考量

物联网远程监控涉及海量敏感信息,低功耗蓝牙的安全防护至关重要。连接认证作为首道关卡,传统简单配对方式极易遭受中间人攻击。在智能家居安防领域,门锁、摄像头等关键设备若蓝牙连接被攻破,后果不堪设想^[7]。不法分子可能通过中间人攻击获取门锁密码,轻松打开家门,或者控制摄像头窥探家庭隐私。采用加密密钥交换协议,实现设备双向认证,杜绝非法设备伪造接入,如同给家门加上坚固的电子锁。该协议通过复杂的加密算法,对设备双方的身份信息进行加密验证,确保只有授权设备才能建立连接。

数据传输加密同样不可或缺。加密算法为传输数据披上“防护服”,防止数据在传输途中被窃取或篡改。在医疗物联网传输病历数据时,强大的加密措施确保信息完整性,维护医患之间的信任基石。采用 AES 高级加密标准,对病历数据进行加密,即使数据被截取,攻击者也无法解读其中内容。隐私保护是当下新兴重点,低功耗蓝牙设备广播信息中的元数据可能无意间泄露用户位置等隐私信息^[8]。通过匿名化处理广播包,限制数据访问权限,仅授权监控端可解析关键信息,在智能办公场景中,员工携带设备的隐私得到有效保护,防止信息被滥用。对设备广播的位置信息进行模糊化处理,仅保留大致区域,避免精确位置泄露。

定期开展安全更新工作,就如同为设备精准注射“预防针”,其重要性不言而喻。通过及时扫描并修复新涌现的漏洞,能够有效增强设备的防御能力,使其时刻保持对新型安全威胁的高度警惕与抵御实力。这种从数据加密、访问权限管控,到入侵检测与应急响应机制构建的全方位安全防护体系,宛如坚固的壁垒,为低功耗蓝牙赋能的物联网监控系统筑牢安全防线,助力相关产业在稳健、可靠的轨道上持续前行,不断拓展创新发展的空间。

5 结语

低功耗蓝牙在物联网远程监控领域已取得显著进展,连接、传输、能耗、安全各方面优化成效显著。展望未来,随着芯片制造工艺持续精进,其性能将迎来新飞跃,有望攻克更多复杂严苛场景难题。在工业互联网,凭借更高精度、实时性更强的监控助力智能制造攀上新高峰;智能家居领域将依托更稳定连接、更周全隐私保护,实现无感且贴心的智能生活。新算法、新材料不断涌现,能耗管理将更精细入微,安全防护将固若金汤,持续赋能物联网远程监控深度融入各行各业,开启万物智联的璀璨未来,让智能服务触手可及,为人类生活、生产创造更多便利与价值。

参考文献

- [1] 俞惠芳,郭欣.物联网系统中网络编码混合加密方案[J].信息安全研究,2025,11(04):326-332.
- [2] 张亲娟,郭承湘,玉延,等.基于物联网与神经网络的医疗设备故障预测系统的设计[J].科技与创新,2025,(06):88-90.
- [3] 吴传升,陈东升.基于物联网的核电厂设备监控系统设计[J].工业控制计算机,2025,38(03):129-130.
- [4] 李斌.基于物联网技术的港口电气设备自动化监测与控制系统研究[J].电气技术与经济,2025,(03):17-19.
- [5] 罗忠.基于物联网的梯级流域电站机电设备运行状态自动监测方法[J].自动化应用,2025,66(06):171-172+175.
- [6] 邵俊松.基于物联网技术的电力设备远程监控与故障诊断系统研究[J].中国设备工程,2025,(06):199-201.
- [7] 低功耗蓝牙/蜂窝物联网智能手表实现远程护理和 SOS 警报[J].单片机与嵌入式系统应用,2022,22(12):96.
- [8] GOYAL V .使用低功耗蓝牙摆脱线缆束缚[J].单片机与嵌入式系统应用,2021,21(10):92.

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/>

