

# 无线传感网络中能量收集技术的应用研究

潘 柯

浙江亮心汽车零部件有限公司 浙江慈溪

**【摘要】** 无线传感网络 (WSN) 在物联网领域应用广泛, 但受限于有限的电池容量。能量收集技术可从环境中获取能量, 延长网络寿命。本文探讨能量收集技术在无线传感网络中的应用, 分析其工作原理、优化策略及实际应用案例, 提出未来发展方向, 以期对相关研究提供参考。研究表明, 能量收集技术能显著提升网络性能, 推动无线传感网络的可持续发展。

**【关键词】** 无线传感网络; 能量收集; 环境能量; 优化策略; 应用案例

**【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.20250130

## Application research of energy collection technology in wireless sensor network

Ke Pan

Zhejiang LED Heart Auto Parts Co., LTD, Cixi, Zhejiang

**【Abstract】** Wireless sensor networks (WSN) are widely used in the Internet of Things, but have limited battery capacity. Energy harvesting technology capture energy from the environment and extend network life. This paper discusses the application of energy collection technology in wireless sensor network, analyzes its working principle, optimization strategy and practical application cases, and puts forward the future development direction, in order to provide reference for related research. The results show that energy collection technology can significantly improve network performance and promote the sustainable development of wireless sensor networks.

**【Keywords】** Wireless sensor network; Energy collection; Environmental energy; Optimization strategy; Application case

### 引言

无线传感网络 (WSN) 作为物联网的关键技术, 广泛应用于环境监测、智能家居等领域。传统电池供电限制了其使用寿命和应用场景。能量收集技术能够从环境中获取能量, 为无线传感网络提供持续动力, 具有重要的研究价值和应用前景。本文旨在探讨能量收集技术在无线传感网络中的应用, 分析其优势与挑战, 提出优化策略, 以推动无线传感网络的可持续发展。

### 1 能量收集技术概述

能量收集技术是近年来在无线传感网络 (WSN) 领域备受关注的项关键技术。它通过从环境中获取能量, 如太阳能、振动能量、温差能量等, 为无线传感网络中的传感器节点提供持续的动力支持<sup>[1]</sup>。这种技术的核心优势在于能够突破传统电池供电的限制, 显著延长无线传感网络的使用寿命, 同时降低维护成本和

环境影响。在许多应用场景中, 如偏远地区的环境监测、工业设备的远程监控等, 传统的电池更换方式不仅成本高昂, 而且难以实施。而能量收集技术则能够有效地解决这一问题, 为无线传感网络的长期稳定运行提供保障。

能量收集技术的原理和分类是理解其在无线传感网络中应用的基础。从原理上讲, 能量收集技术主要依赖于能量转换装置, 将环境中的机械能、热能、电磁能等转化为电能, 供传感器节点使用。太阳能收集器利用光伏效应将太阳能转化为电能; 振动能量收集器则通过压电效应或电磁感应, 将机械振动转化为电能。根据收集的能量类型, 能量收集技术可以分为太阳能收集、振动能量收集、温差能量收集等多种类型<sup>[2]</sup>。每种类型的能量收集技术都有其独特的应用场景和优势。

能量收集技术在无线传感网络中的重要性还体现

在其对网络性能的提升上。通过持续的能量供应，传感器节点能够更频繁地进行数据采集和传输，从而提高数据的实时性和准确性。能量收集技术的应用还可以优化网络的拓扑结构，减少节点之间的通信距离，降低能量消耗，进一步提高网络的可靠性和稳定性。随着物联网技术的不断发展，无线传感网络的应用场景将越来越广泛，而能量收集技术作为其核心支撑技术之一，将在未来的智能城市、智能农业、工业物联网等领域发挥至关重要的作用。

## 2 能量收集技术在无线传感网络中的应用

无线传感网络（WSN）的广泛应用使其成为物联网技术的重要组成部分。传统电池供电方式限制了其在复杂环境和长期监测场景中的应用。能量收集技术为这一问题提供了有效的解决方案。通过从环境中获取能量，如太阳能、振动能量等，能量收集技术能够为无线传感网络提供持续的动力支持，从而延长网络的使用寿命并降低维护成本<sup>[3]</sup>。本文将详细探讨能量收集技术在无线传感网络中的应用案例，分析其在实际应用中的优势与局限性，并探讨如何通过优化设计提升系统性能。

太阳能作为一种清洁且广泛存在的能源，是无线传感网络能量收集的重要来源之一。在许多户外监测场景中，如环境监测、农业监控等，太阳能能量收集系统被广泛应用。在农业领域，基于太阳能的无线传感器节点可以实时监测土壤湿度、温度和光照强度等参数，为精准农业提供数据支持。太阳能能量收集的优势在于其能量来源稳定且充足，尤其在日照充足的地区，能够为传感器节点提供持续稳定的电力供应。太阳能能量收集也存在局限性<sup>[4]</sup>。在阴雨天气或夜间，太阳能的可用性大幅降低，可能导致传感器节点的能源供应不足。太阳能电池板的转换效率受环境因素（如温度、灰尘等）影响较大，进一步限制了其能量收集效率。

振动能量收集技术则适用于机械振动频繁的环境，如工业设备监测、桥梁结构监测等场景。在工业生产中，许多机械设备会产生持续的振动，通过振动能量收集装置，可以将这些振动能量转化为电能，为无线传感器节点供电。在大型电机的监测中，振动能量收集装置可以为传感器节点提供稳定的电力，实现对电机运行状态的实时监测。振动能量收集的优势在于其能量来源与设备的运行状态密切相关，能够在设备运行过程中持续提供能量。振动能量收集也面临一些挑战。振动能量的强度和频率可能因设备运行状态的变化而波动较大，导致能量收集的不稳定。

为了充分发挥能量收集技术在无线传感网络中的优势，优化设计是关键。在硬件方面，可以通过选择高效的能量收集芯片和优化电路设计来提高能量转换效率。采用最大功率点跟踪（MPPT）技术可以显著提高太阳能能量收集系统的效率。在软件方面，合理的能量管理策略也至关重要。通过动态调整传感器节点的工作模式（如休眠、唤醒和数据传输模式），可以有效降低能耗，延长网络的使用寿命。网络拓扑结构的优化也不容忽视。采用分簇拓扑结构可以减少节点之间的通信距离，降低通信能耗。通过合理规划节点的部署位置，可以提高能量收集装置的效率，进一步提升系统的整体性能。

## 3 能量收集技术的优化策略

在无线传感网络（WSN）中，能量收集技术的应用为解决传统电池供电的局限性提供了新的思路。为了充分发挥能量收集技术的优势，提高能量收集效率并延长网络的使用寿命，必须采取一系列优化策略。这些策略涵盖了能量管理算法、硬件设计优化以及网络拓扑结构优化等多个方面。通过这些优化措施，可以有效提升无线传感网络在复杂环境中的适应性和稳定性，同时降低系统的能耗，实现网络的长期稳定运行。

能量管理算法是无线传感网络中能量收集技术的核心环节之一。通过合理设计能量管理算法，可以实现对收集到的能量进行高效分配和利用<sup>[5]</sup>。采用动态能量管理算法，能够根据传感器节点的能量状态和任务需求，实时调整能量分配策略。当节点能量充足时，可以适当增加数据传输频率或执行更复杂的计算任务；而当能量不足时，则降低能耗，优先保证关键任务的执行。引入智能预测算法，可以对环境能量的可用性进行预测，提前规划能量使用策略，避免因能量不足而导致网络中断。

硬件设计优化是提高能量收集效率的另一关键环节。在无线传感网络中，传感器节点的硬件设计直接影响能量收集的效率和系统的能耗。通过采用高效的能量收集芯片和低功耗的微控制器，可以最大限度地减少能量损耗。新型的太阳能收集芯片能够在低光照条件下实现高效的能量转换，而低功耗的微控制器则可以在保证节点正常运行的前提下，大幅降低能耗。优化传感器节点的电路设计，采用能量回收技术和电源管理模块，可以进一步提高系统的能量利用效率。网络拓扑结构优化也是提高无线传感网络能量收集效率的重要手段。合理的网络拓扑结构可以减少节点之间的通信距离，降低通信能耗，同时提高数据传输的可靠性<sup>[6]</sup>。

采用分簇拓扑结构,可以将网络划分为多个簇,每个簇内选择一个簇头节点负责数据收集和转发。簇头节点可以通过优化的路由算法,将数据高效地传输到汇聚节点,从而减少不必要的能量消耗。通过动态调整簇头节点和簇的大小,可以进一步提高网络的适应性和灵活性。

#### 4 未来发展趋势与展望

随着技术的不断进步,能量收集技术在无线传感网络中的应用前景愈发广阔。当前,能量收集技术已经从单一的太阳能收集逐渐拓展到振动能量、温差能量、射频能量等多种形式。这些技术大多处于独立应用阶段,效率和稳定性仍有待提升。未来,新型能量收集技术的开发将成为研究热点<sup>[7]</sup>。纳米发电机技术利用纳米材料的压电效应,能够将微小的机械振动转化为电能,为低功耗无线传感网络节点提供持续动力。这种技术在可穿戴设备、医疗监测等领域具有巨大的应用潜力。新型材料的研发也将推动能量收集技术的发展。钙钛矿太阳能电池具有成本低、效率高的特点,有望在大规模无线传感网络中替代传统硅基太阳能电池,进一步降低系统成本和能耗。

多源能量收集系统的融合是未来无线传感网络能量管理的重要发展方向。在实际应用中,单一的能量收集方式往往难以满足无线传感网络的持续供电需求。在阴天或夜晚,太阳能收集效率大幅下降;在低振动环境中,振动能量收集效果不佳。将多种能量收集技术集成到一个系统中,实现优势互补,是解决这一问题的有效途径。多源能量收集系统可以根据环境条件动态切换能量源,提高能量收集的稳定性和可靠性。通过智能能量管理系统,当太阳能不足时,系统可以自动切换到振动能量或温差能量收集模式,确保无线传感网络节点的正常工作。

未来,能量收集技术在无线传感网络中的应用将更加智能化和高效化。随着物联网技术的快速发展,无线传感网络的节点数量和数据传输量不断增加,对能量收集技术的要求也越来越高<sup>[8]</sup>。智能化的能量收集系统将能够实时监测环境能量的变化,自动调整能量收集策略,以最大化能量收集效率。通过机器学习算法,系统可以预测环境能量的波动趋势,提前调整能量收

集模式和存储策略,确保网络节点在不同环境条件下的稳定运行。能量收集技术与无线传感网络的深度融合将推动新型网络架构的出现。

#### 5 结语

无线传感网络中能量收集技术的应用具有重要意义,能够有效解决传统电池供电的局限性,延长网络寿命。通过优化策略的实施,可进一步提升系统性能。未来,随着技术的不断创新,能量收集技术将在无线传感网络中发挥更大的作用,推动物联网技术的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 谭强生.基于无线传感网络的大型机电设备故障诊断系统[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(01):172-174.
- [2] 周莹,赵依苇,尉理哲,等.基于 QoS 信息融合技术的无线传感网络容量改进算法研究[J].传感技术学报,2024,37(12):2137-2141.
- [3] 张虎.基于无线传感网络的采煤机监控技术研究[J].江西煤炭科技,2024,(04):198-200.
- [4] 马潇菲.基于加权质心算法的无线传感网络丢包节点定位技术[J].通化师范学院学报,2024,45(10):67-73.
- [5] 华山.基于无线传感技术的网络数据安全存储方法设计[J].互联网周刊,2024,(18):31-33.
- [6] 张振伟,张俊杰,孟醒,等.基于无线传感网络技术的智能照明系统在高校地下车库的应用实践[J].节能,2024,43(08):33-36.
- [7] 陈星勇,赵汉斌,程高杰,等.基于无线能量收集的失禁行为检测技术研究[J].中国医疗设备,2025,40(03):26-30+56.
- [8] 吴翊,何海龙,姜浩赞,等.面向新型电力传感器的能量收集技术[J].沈阳工业大学学报,2024,46(05):568-578.

**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/>

