非接触式生命体征监测床垫的传感器阵列布置优化

夏闽海

国投健康养老产业发展（盐城）有限公司　江苏盐城

【摘要】非接触式生命体征监测床垫的传感器阵列布置优化研究聚焦于通过合理配置传感器阵列，提高生命体征监测的精度与可靠性。优化传感器布置可以有效降低误差并增加对多种生命体征的监测能力，进而为健康管理与远程医疗提供更为高效的解决方案。本研究通过理论分析和实验验证，探讨了传感器阵列在床垫中的合理布局，并提出了一种新的优化算法。通过合理调整阵列布置，不仅能够提升数据采集效率，还能在确保舒适度的基础上，增强系统对人体动态变化的响应速度。优化后的传感器阵列能够显著提高监测效果，满足临床对非接触式生命体征监测的要求。

【关键词】非接触式监测；生命体征；传感器阵列；优化布置；床垫

【收稿日期】2025 年 5 月 17 日　【出刊日期】2025 年 6 月 10 日　【DOI】10.12208/j.aics.20250044

Optimization of sensor array arrangement for non-contact vital sign monitoring mattress

Minhai Xia

SDIC Healthy Aging Industry Development (Yancheng) Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu

【**Abstract**】The research on the optimization of sensor array arrangement for non-contact vital sign monitoring mattresses focuses on improving the accuracy and reliability of vital sign monitoring through reasonable configuration of sensor arrays. Optimizing the sensor arrangement can effectively reduce errors and enhance the ability to monitor multiple vital signs, thereby providing more efficient solutions for health management and telemedicine. Through theoretical analysis and experimental verification, this study explores the reasonable layout of sensor arrays in mattresses and proposes a new optimization algorithm. By reasonably adjusting the array arrangement, it can not only improve the efficiency of data collection but also enhance the system's response speed to human dynamic changes on the basis of ensuring comfort. The optimized sensor array can significantly improve the monitoring effect and meet the clinical requirements for non-contact vital sign monitoring.

【**Keywords**】Non-contact monitoring; Vital signs; Sensor array; Optimized arrangement; Mattress

引言

非接触式生命体征监测技术已经成为医学监测领域的重要研究方向，尤其在老年人护理和远程医疗中得到了广泛应用。床垫作为一种便捷的监测载体，因其能够长时间与人体接触，具有无创、非接触的优势，成为理想的生命体征监测平台。传感器阵列的布置直接影响到监测数据的准确性与可靠性。不同的阵列布局可能导致信号采集的盲区或者冗余的空间分配，进而影响系统整体的工作效果。如何优化床垫中传感器的布置，提升监测精度，成为当前亟需解决的问题。本研究以传感器阵列布置优化为核心，提出了一种新的设计方法，并通过实验数据验证其可行性。优化后的传感器阵列能够更好地适应人体的多样性，提高监测的精度和响应速度，为非接触式生命体征监测技术的发展提供了新的思路。

1 非接触式生命体征监测床垫的现状与挑战

随着健康监测技术的不断发展，非接触式生命体征监测床垫逐渐成为医学与健康管理领域的创新性解决方案。传统的生命体征监测依赖于直接接触的仪器，如心电图（ECG）和脉搏血氧（SpO_2）仪器，这些设备虽然有效，但往往限制了患者的活动范围，尤其是在长期监护中容易造成不适。而非接触式监测床垫通过内嵌的传感器阵列，在不干扰患者的情况下，实时监测生命体征，如心率、呼吸频率、体动等，极大地提高了患

者的舒适度和监测的便利性[1]。通过无线传输技术，监测数据可以远程传输至医疗机构，方便医生进行实时诊断和健康管理。此类床垫具有广泛的应用前景，特别是在老年护理、重症监护以及长期卧床患者的远程健康监控方面。在其快速发展的非接触式监测床垫仍面临一些技术性挑战，尤其是在传感器阵列的布局和优化方面。

非接触式生命体征监测床垫的一个主要挑战是如何精准、稳定地采集各类生命体征数据。由于床垫在患者身下工作，其传感器往往受到床垫材料、人体体型及动态变化等因素的影响，可能会导致信号的干扰与丢失。这种干扰通常表现为信号噪声或传感器未能准确捕捉到目标生命体征，导致监测数据的误差。人体体动可能影响传感器的感知精度，特别是在患者翻身或改变体位时。如何优化传感器阵列布局，减少环境因素对信号的干扰，提高信号的采集精度，是当前非接触式生命体征监测床垫技术面临的重要课题。

非接触式监测床垫的舒适性与监测效果之间的平衡也是一个挑战。在设计时，传感器阵列的布置需要充分考虑床垫的柔软度与舒适性，避免传感器的硬质元件对患者造成不适感。另一方面，传感器的布置必须能够保证有效覆盖人体的各个重要部位，以实现全面的生命体征监测。传感器间的距离、分布密度等参数都直接影响到监测效果和舒适性之间的平衡，如何在不影响舒适性的情况下优化传感器阵列布局，既能提升监测的精度，又能保证患者的使用体验，是设计者必须面对的核心问题。

2 传感器阵列布置优化的理论基础与方法

传感器阵列布置的优化涉及多个领域的交叉技术，包括信号处理、数据融合、人体模型仿真等。在优化过程中，首先需要明确生命体征监测的基本要求，例如心率、呼吸频率、体动等。这些生命体征数据往往存在一定的动态变化规律，传感器阵列必须能够高效捕捉到这些变化，并实时传输。针对这些需求，优化传感器布置的理论基础主要来自信号处理和空间分析。通过空间分布的优化，可以有效减少信号采集中的噪声干扰，提高信号的信噪比。通过理论建模和实验验证，可以得到一种最优的阵列布局方法。

从信号处理角度来看，优化传感器阵列布置的关键之一是通过提高信号的分辨率和增强信号的采集能力来减少误差。通过采用更高灵敏度的传感器，并合理安排传感器的位置，能够在较短的时间内获取更清晰、稳定的生命体征信号。传感器阵列的布置密度和布局方式直接影响信号的质量。通常，传感器之间的距离过大可能会导致信号遗漏，而距离过近则容易产生信号重叠或干扰。合理设计传感器间距，采用适合的布置方式，是优化设计的基础之一。

优化算法在阵列布置中的应用也不可忽视。近年来，许多优化方法被提出用于提高非接触式生命体征监测的效率和精度，例如遗传算法、模拟退火算法和粒子群优化算法。这些优化方法通常基于一定的数学模型，结合目标函数来进行多目标优化，以期在满足舒适性和传感器效果的前提下，找出最佳的阵列布置方案。优化算法能够根据不同的设计要求自动调整传感器的布置方案，从而达到最优的性能表现[2]。随着计算机技术的发展，基于仿真模型的优化方法越来越受到重视，它能够快速评估不同布局方案的效果，为传感器布置的优化提供理论依据。

3 优化传感器阵列布置的实验设计与结果分析

为了验证传感器阵列布置优化方法的有效性，需要设计实验进行数据采集与分析。在实验设计中，首先要确定实验的目标，即优化后传感器阵列能否在保证舒适性的前提下，提高生命体征数据的准确性。实验一般采用模拟人体或真实人体模型进行测试，通过不同传感器布置方案对比，评估各方案在采集精度、舒适度和响应速度等方面的表现。实验过程中，通常会选取几种不同的传感器布局，如网格布局、圆形布局、对角线布局等，分别进行测试，并分析各布局方案在实际监测过程中的效果。

实验数据的采集与分析至关重要，数据的可靠性和精确性直接影响到优化方案的效果评估。实验结果通常通过信号的信噪比、采集误差等指标来进行评估。若某种传感器布置方案的信噪比较高，且数据采集误差较低，则说明该方案能够有效提高生命体征监测的精度[3]。通过对比不同传感器布局方案的实验结果，能够得出最佳的传感器布置方案。在此过程中，实验组和对照组的设计非常关键。对照组通常使用传统的传感器布置方式，而实验组则采用经过优化后的阵列布置，二者之间的比较能够清晰地展现优化后的传感器阵列在实际应用中的优势。

在分析实验结果时，还需要考虑不同人体模型对监测效果的影响。由于人体各部位的结构和体型存在差异，因此不同患者的生命体征监测需求也不同。优化后的传感器阵列布置是否能够适应不同人体模型，确保其在各种情况下都能准确采集生命体征数据，是评估优化方案成功与否的一个重要标准。通过实验验证，

优化后的阵列布置能够有效提高监测精度，并减少数据误差，满足医疗临床的需求。

4 优化方案的实际应用与未来发展方向

优化后的传感器阵列布置方案不仅在实验室中取得了良好的效果，而且在实际应用中也展现了巨大的潜力。尤其是在远程医疗和健康监护领域，非接触式生命体征监测床垫的应用前景广泛。通过优化传感器阵列的布置，能够实现高精度的生命体征监测，帮助医生对患者的健康状态进行实时评估[4-8]。随着智能家居和物联网技术的发展，优化后的非接触式监测床垫能够更好地与其他智能设备进行协同工作，提供更加综合的健康管理服务。结合智能手环、智能体重秤等设备的数据，能够实现更全面的健康监测与分析，提升患者的生活质量。

在未来，非接触式生命体征监测床垫的应用将进一步扩展，尤其是在老年人群体和长期卧床患者中。对于这些患者，传统的接触式生命体征监测设备往往存在不便和不舒适的问题，而非接触式床垫能够提供更加便捷且舒适的监测方式。未来，随着人工智能和大数据技术的结合，非接触式生命体征监测床垫能够实现更加智能化的健康监控，自动识别生命体征的异常变化，提前预警可能的健康风险，从而为患者提供更为精确的护理服务。

尽管目前的优化方案在实验室环境和实际应用中已经取得了显著的成果，但在技术层面仍面临着一些挑战。如何进一步提高传感器的精度，以保证在复杂环境下依然能够稳定工作，是一个亟待解决的问题。随着科技的进步，传感器的成本和集成度将进一步提升，预计未来可以实现更加高效的生产和更广泛的应用。为了适应不同用户和环境的需求，传感器阵列的设计将需要更加灵活和个性化。这要求在传感器布置时不仅考虑到人体动态变化，还要兼顾不同体型、体位和活动状态的适应性。随着深度学习和人工智能技术的兴起，如何利用这些新兴技术来优化信号处理和数据分析，将成为未来研究的一个关键方向，有助于实现更加智能化和精确的生命体征监测。

5 结语

非接触式生命体征监测床垫的传感器阵列布置优化具有广阔的应用前景，尤其在健康管理和远程医疗领域。优化后的阵列布置有效提高了监测精度和舒适性，能够为患者提供更加便捷、无干扰的生命体征监测。随着技术的发展，未来仍然面临精度提升、成本控制及阵列灵活性等挑战。借助深度学习等新兴技术的融合，信号处理与数据分析将得到进一步优化，从而推动整个领域向智能化、个性化方向发展。未来，随着技术的持续进步，非接触式生命体征监测床垫将更加高效、精准，为健康管理与临床监护提供更加全面和可靠的支持。

参考文献

[1] 解欢,官现涛. 非接触式生命体征信号采集调理电路设计[J].电子制作,2025,33(05):94-97.

[2] 刘爽,龙志聪,周宇麒,等. 非接触式连续生命体征监测在慢性阻塞性肺疾病患者病情评估中的应用研究[J].新医学,2025,56(02):206-214.

[3] 云洁,何梦雪,张峻铭,等. 毫米波雷达监测人体生命体征应用的 Meta 分析[J].中国疗养医学,2025,34(02):62-69.

[4] 罗景雪,张远辉,戴潇,等. 基于毫米波雷达的非接触式心电重构算法[J].电信科学,2024,40(11):50-65.

[5] 吴宇辉.助老助残场景下多传感器非接触式行为监测方法研究[D].沈阳工业大学,2024.

[6] 王麒铭.基于脉冲超宽带雷达的非接触式生命体征探测信号处理[D].电子科技大学,2024.

[7] 赵志明,邢鲁艳,王铀. 非接触式伤情探测技术在卫勤领域的应用进展[J].创伤外科杂志,2023,25(11):811-815.

[8] 杨义龙,梁琛华,冯逸飞,等. 非接触式生命体征监测技术的研究现状与展望[J].中国医疗设备,2023,38(06):151-156.

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。
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
OPEN ACCESS