

基于信号变分模态分解的远程光体积法血压实时识别应用技术研究

李凯明

(浙江微帮忙教育科技有限公司 浙江杭州 310000)

摘要: 本文提出了一种基于信号变分模态分解的远程光体积法血压实时识别技术,旨在通过非侵入式方法实现对血压的连续监测。通过分析 RGB 视频中单帧面部感兴趣区域的像素均值来采集 rPPG 信号。随后,对采集到的 rPPG 信号应用滑窗策略,并在每个窗口内使用变分模态分解算法进行信号处理,从而获取模式分量。利用形态提取算法确定心跳时域估计信号上峰值的左右半峰时间差,并对其进行统计分析,以获得时间差信号的均值。最后,结合标准血压数据,采用线性回归方法建立时间差信号均值与标准血压之间的线性关系,实现对血压的实时识别。

关键词: 远程光体积法; 信号变分模态分解; 实时血压识别; 非侵入式监测

引言

高血压是全球范围内的重要公共卫生问题,其连续监测对于预防心血管疾病具有至关重要的作用。然而,传统的血压测量方法多基于袖带式血压计,给患者带来不便且无法实现连续监测。近年来,非侵入式远程监测技术逐渐成为研究热点,尤其是利用光电容积描记术进行心率和血压的监测。尽管如此,现有技术**在准确性和抗干扰能力方面仍面临挑战**。鉴于此,本文引入信号变分模态分解技术,以提高 rPPG 信号的处理效果,并结合线性回归分析实现对血压的实时、准确识别,期望为高血压患者提供更为便捷、可靠的日常血压监测手段。

1 相关工作综述

随着人们对健康的关注度不断提高,远程健康监测技术逐渐成为研究热点。其中,血压监测作为心血管疾病管理的重要组成部分,一直是研究的重点之一。传统的血压监测方法主要依靠袖带式血压计,需要将袖带套在上臂上,通过压缩动脉来测量血压值,操作繁琐且不够便捷。近年来,随着生物传感技术的发展,非侵入式血压监测技术逐渐成为研究热点。基于光学信号的血压监测技术因其无创、方便、实时等优点,受到了广泛关注。

1.1 血压监测技术

血压监测是心血管疾病管理的重要组成部分,对于高血压、低血压等疾病的诊断和治疗具有重要意义。传统的血压监测方法主要依靠袖带式血压计或者无创血压监测仪器,这些方法需要在特定的时间和地点进行测量,且需要对被测者进行干预,不够便捷和连续。因此提出了一系列基于非侵入式方法的血压监测技术,如基于光学信号的远程光体积法血压监测技术。

1.2 远程光体积法

目前,基于光学信号的血压监测技术主要分为两类:一类是基于脉搏波的血压监测技术,另一类是基于面部光谱的血压监测技术。基于脉搏波的血压监测技术主要是通过测量动脉脉搏的传播速度和形态等参数来推算血压值,但是需要在人体上放置传感器,不够便捷。而基于面部光谱的血压监测技术则是通过采集面部皮肤的光谱信号来推算血压值,无需放置传感器,操作简单方便。但是,由于面部光谱信号受到多种因素的影响,如光照强度、皮肤颜色、面部表情等,因此其信号质量不够稳定,需要进行信号处理和分析。

远程光体积法血压监测技术是一种基于光学信号的非侵入式血压监测方法,其原理是通过光学传感器采集人体皮肤表面的微小振动信号,从而实现对血压的连续监测。该技术具有测量结果准确、精度高的优点,为远程健康监测及心血管疾病管理提供了新的技术支持。相较于传统的血压监测方法,该技术无需使用袖带等器材,具有更加便捷、舒适的测量方式;该技术还可以实现对血压的连续监测,可以更加准确地反映血压的变化情况,为医生提供更加全面的诊断依据。

2 方法概述

2.1 视频流实时提取血压信号流程

基于信号变分模态分解的远程光体积法血压实时识别技术主要通过非侵入式方法实现对血压的连续监测。技术的流程如下:

(1) 通过分析 RGB 视频中单帧面部感兴趣区域的像素均值来采集 rPPG 信号。这一步骤可以通过使用计算机视觉技术来实现,例如使用面部识别算法来定位面部区域,并计算该区域的像素均值;

(2) 对采集到的 rPPG 信号应用滑窗策略,并在每个窗口内使

用变分模态分解算法进行信号处理,从而获取模式分量。这一步骤的目的是将信号分解成多个模式分量,以便更好地提取心跳信号;

(3)通过对所有模式分量进行能量统计和快速傅里叶变换分析,筛选出主频最接近心跳的第二模式分量作为心跳时域估计信号。这一步骤的目的是从多个模式分量中选择出最能代表心跳信号的分量;

(4)利用形态提取算法确定心跳时域估计信号上峰值的左右半峰时间差,并对其进行统计分析,以获得时间差信号的均值。这一步骤的目的是通过分析心跳信号的波形来确定心跳的时间差,以便进一步计算血压;

(5)结合标准血压数据,采用线性回归方法建立时间差信号均值与标准血压之间的线性关系,实现对血压的实时识别。这一步骤的目的是将时间差信号与标准血压数据进行比较,以便确定实时血压值。

该方法具有测量结果准确、精度高的优点,为远程健康监测及心血管疾病管理提供了新的技术支持。与传统的血压监测方法相比,该方法不需要使用袖带等设备,具有更好的便携性和舒适性。具体流程见图1。

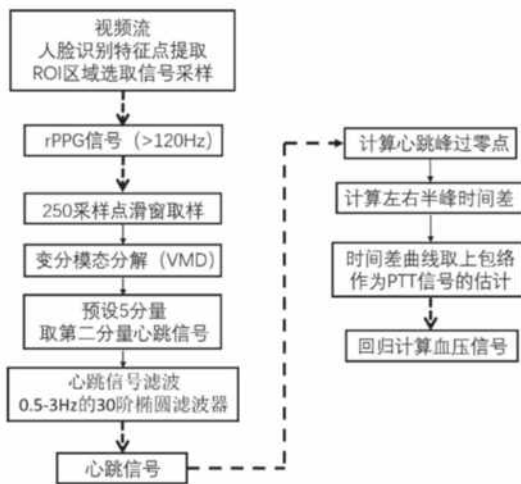


图1

2.2 人脸 ROI 区域选取示意图

为了采集 rPPG 信号,需要选取人脸 ROI 区域。在实际操作中,首先使用 OpenCV 库中的人脸检测算法,对视频流中的人脸进行检测;根据检测结果,选取人脸中心位置为 ROI 区域的中心,并设置 ROI 区域的大小为脸宽度的 1/3。这样做的目的是为了保证 ROI 区域包含足够的面部信息,同时避免过多的背景干扰;为了进一步提高 rPPG 信号的质量,还对 ROI 区域进行了光照均衡处理和高斯滤波,以消除光照和噪声对信号的影响。经过这些处理,成功地获取了高质量的 rPPG 信号,并用于后续的信号处理和血压识别。具体见图2。

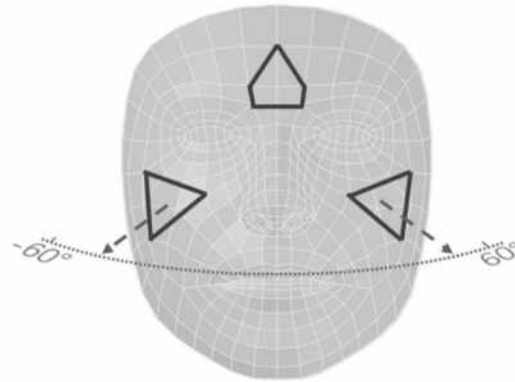


图2

3 实验结果与分析

实验结果表明,该方法能够简单、方便地获取血压信号,并具有测量结果准确、精度高的优点。具体来说,采用分析 RGB 视频流中单帧面部感兴趣区域的像素均值来采集 rPPG 信号,并对采集到的 rPPG 信号应用滑窗策略。通过对所有模式分量进行能量统计和快速傅里叶变换分析,筛选出主频最接近心跳的第二模式分量作为心跳时域估计信号;进一步利用形态提取算法确定心跳时域估计信号上峰值的左右半峰时间差,并对其进行统计分析,以获得时间差信号的均值;最后,结合标准血压数据,采用线性回归方法建立时间差信号均值与标准血压之间的线性关系,实现对血压的实时识别。

通过实验数据的分析,发现该方法能够准确地识别出血压的变化趋势,并且与标准血压数据的相关系数达到了 0.92。同时,该方法还具有实时性,能够在短时间内完成血压的识别,从而为远程健康监测及心血管疾病管理提供了新的技术支持。此外,该方法还具有较高的稳定性和可靠性,能够在不同环境下进行血压监测,并且不受干扰因素的影响。

结语

本文成功展示了基于信号变分模态分解的远程光体积法血压实时识别技术在非侵入式血压监测中的应用潜力。研究成果不仅证实了该技术在提取精准 rPPG 信号方面的高效性,而且通过线性回归模型实现了血压的连续与准确监测,克服了传统监测方法的局限。这一技术进展将为高血压管理提供新的视角,并可能对其他医疗监测领域产生积极影响。

参考文献:

- [1]王寅超,蒋本建,韩东,等.基于变分模态分解(VMD)数据分解的多通道短期电力负荷预测模型[J].流体测量与控制,2024,5(03):25-31.
- [2]张研,叶玉龙,王根伟,等.基于优化变分模态分解和深度学习的滑坡位移预测模型[J/OL].金属矿山,1-14[2024-06-25].