



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110448290 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910764062.2

(22)申请日 2019.08.19

(71)申请人 中电科仪器仪表有限公司

地址 266555 山东省青岛市黄岛区香江路  
98号

(72)发明人 梁晓林 邓建钦 张超群 刘朝阳

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 张勇

(51) Int. Cl.

A61B 5/024(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

## (54)发明名称

一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统

## (57)摘要

本发明公开了一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统,该方法包括:接收心率检测实时的I/Q两路回波信号;分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调;采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;对回波信号中心跳信号信噪比进行增强;采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;进行基于变时窗选择的信号频谱估计;抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。



1. 一种用于远距离人员心率检测的太赫兹穿墙雷达,其特征在于,包括:射频输出端和射频接收端,将倍频、射频上变频、再耦合后的太赫兹波作为本振信号,同时通过第一极化器自所述射频输出端输出,所述射频接收端通过第二极化器后实时接收I/Q两路回波信号。

2. 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,其特征在于,该方法包括:

接收心率检测实时的I/Q两路回波信号;

分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;

对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调;

采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;

对回波信号中心跳信号信噪比进行增强;

采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;

进行基于变时窗选择的信号频谱估计;

抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。

3. 如权利要求2所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,其特征在于,所述静态杂波根据背景滤波算法进行估计,并采用实时接收的I/Q两路回波信号分别减去估计的两路静态杂波进行静态杂波的抑制。

4. 如权利要求2所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,其特征在于,对杂波抑制后的回波信号根据雷达与生命体之间的距离、心跳幅度、心率、波长和相位噪声进行复信号解调,并对复信号调节后的信号进行对数处理。

5. 如权利要求2所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,其特征在于,该方法中,采用5阶巴特沃斯滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;

采用滑动滤波器对回波信号中心跳信号信噪比进行增强。

采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构中采用的小波函数为Morlet小波。

6. 如权利要求2所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,其特征在于,该方法中,所述进行基于变时窗选择的信号频谱估计的具体步骤包括:

对于具有固定时长的信号,频率分辨率为:  $\Delta f = \frac{f_s}{w_i}$ ,  $i=1,2,\dots,q$ , 其中,  $f_s$  为频率,  $w_i$  表示第*i*个窗口的长度,  $q$  表示窗口数目;

对每一个时窗内的信号进行傅里叶变换,同时对频谱进行加窗处理,窗口宽度为0.8-

2.4Hz;

对于得到的*q*组频谱进行累计运算。

7. 一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,其特征在于,所述指令适于由终端设备的处理器加载并执行如权利要求2-6任一项所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

8. 一种终端设备,其包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,其特征在于,所述指令适于由处理器加载并执行如权利要求2-6任一项所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

9. 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置,其特征在于,基于如权利要求2-6任一项所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,包括:

信号接收模块,被配置为接收心率检测实时的I/Q两路回波信号;  
杂波抑制模块,被配置为分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;  
复信号解调模块,被配置为对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调;  
噪声干扰抑制模块,被配置为采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;  
信噪比增强模块,被配置为对回波信号中心跳信号信噪比进行增强;  
分解重构模块,被配置为采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;  
频谱估计模块,被配置为进行基于变时窗选择的信号频谱估计;  
谐波干扰抑制模块,被配置为抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。

10. 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测系统,其特征在于,包括依次连接的如权利要求1所述的太赫兹穿墙雷达、多路采集设备和如权利要求2-6任一项所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置。

## 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于心率检测的技术领域,尤其涉及一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统。

### 背景技术

[0002] 无论是在医学中还是在自然灾害救援中,精确估计人员的呼吸频率、心率均有广泛的应用前景。如在医学中可以用来诊断或预防呼吸类和心血管类疾病,在自然灾害中可以为救援人员提供可靠的依据,降低人员的生命财产的损失。在呼吸频率与心率检测过程中,由于心跳幅度处于毫米级,相比于呼吸幅度更小,通常情况下在远距离且穿透障碍物(如废墟等)的情况下很难准确估计。

[0003] 目前,常用的心率检测手段包括接触式与非接触式两种。其中,接触式方法主要是指利用传统的心电图、光电容积描记波信号等手段通过在人员身体上粘贴电极片、佩戴传感器等设备实现心率的检测。然而,这会给患者造成一定的困扰及心理负担,极易产生排斥情绪。鉴于上述手段的局限性,随着雷达在医疗、工程等方面的广泛应用,非接触检测手段引发广泛关注。

[0004] 利用雷达实现心率的提取是一种被广泛应用的非接触信号检测方式,具有全天候、高精度等优势。然而,发明人在研究过程中发现,目前非接触式心率提取手段多是基于微波与低频毫米波波段,鉴于心跳幅度通常小于4mm,在利用连续波雷达检测时,由心跳导致的微多普勒效应在微波与低频毫米波频段不敏感,很难实现精准检测。尤其是在远距离穿墙情况下,微波与低频毫米波雷达更难实现心率的提取。

### 发明内容

[0005] 为克服上述现有技术的不足,本发明提供了一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统,利用太赫兹雷达估计心率,实现远距离穿墙情况下心率的精确检测。

[0006] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种用于远距离人员心率检测的太赫兹穿墙雷达。

[0007] 一种用于远距离人员心率检测的太赫兹穿墙雷达,包括:射频输出端和射频接收端,将倍频、射频上变频、再耦合后的太赫兹波作为本振信号,同时通过第一极化器自所述射频输出端输出,所述射频接收端通过第二极化器后实时接收I/Q两路回波信号。

[0008] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

[0009] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,该方法包括:

[0010] 接收心率检测实时的I/Q两路回波信号;

[0011] 分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;

- [0012] 对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调；
- [0013] 采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制；
- [0014] 对回波信号中心跳信号信噪比进行增强；
- [0015] 采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构；
- [0016] 进行基于变时窗选择的信号频谱估计；
- [0017] 抑制信号频谱中除心率的谐波干扰，得到最终的心率信号。
- [0018] 进一步地，该方法中，所述静态杂波根据背景滤波算法进行估计，并采用实时接收的I/Q两路回波信号分别减去估计的两路静态杂波进行静态杂波的抑制。
- [0019] 进一步地，该方法中，对杂波抑制后的回波信号根据雷达与生命体之间的距离、心跳幅度、心率、波长和相位噪声进行复信号解调，并对复信号调节后的信号进行对数处理。
- [0020] 进一步地，该方法中，采用5阶巴特沃斯滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制。
- [0021] 进一步地，该方法中，采用滑动滤波器对回波信号中心跳信号信噪比进行增强。
- [0022] 进一步地，该方法中，采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构中采用的小波函数为Morlet小波。
- [0023] 进一步地，该方法中，所述进行基于变时窗选择的信号频谱估计的具体步骤包括：
- [0024] 对于具有固定时长的信号，频率分辨率为： $\Delta f = \frac{f_s}{w_i}$ ， $i=1,2,\dots,q$ ，其中， $f_s$ 为频率， $w_i$ 表示第*i*个窗口的长度， $q$ 表示窗口数目；
- [0025] 对每一个时窗内的信号进行傅里叶变换，同时对频谱进行加窗处理，窗口宽度为0.8-2.4Hz；
- [0026] 对于得到的 $q$ 组频谱进行累计运算。
- [0027] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种计算机可读存储介质。
- [0028] 一种计算机可读存储介质，其中存储有多条指令，所述指令适于由终端设备的处理器加载并执行所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。
- [0029] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种终端设备。
- [0030] 一种终端设备，其包括处理器和计算机可读存储介质，处理器用于实现各指令；计算机可读存储介质用于存储多条指令，所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。
- [0031] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面，提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置。
- [0032] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置，基于所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法，包括：
- [0033] 信号接收模块，被配置为接收心率检测实时的I/Q两路回波信号；
- [0034] 杂波抑制模块，被配置为分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波；
- [0035] 复信号解调模块，被配置为对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调；
- [0036] 噪声干扰抑制模块，被配置为采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制；
- [0037] 信噪比增强模块，被配置为对回波信号中心跳信号信噪比进行增强；

- [0038] 分解重构模块,被配置为采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;
- [0039] 频谱估计模块,被配置为进行基于变时窗选择的信号频谱估计;
- [0040] 谐波干扰抑制模块,被配置为抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。
- [0041] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测系统。
- [0042] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测系统,包括依次连接的所述太赫兹穿墙雷达、多路采集设备和所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置。
- [0043] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果:
- [0044] 本发明公开的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统,分别利用背景滤波算法与LTS算法抑制回波信号中的杂波干扰;对I/Q两路信号进行复信号解调,及进行对数处理;利用带通滤波器抑制高、低频噪声;利用滑动滤波器改善信号信噪比;利用小波变换对心跳信号进行重构;设计变时窗策略,循环利用有限的时域信号;对不同长度的时域信号频谱进行累积;通过频域加窗估计心率,有效实现远距离穿墙情况下心率的精确检测。

## 附图说明

- [0045] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。
- [0046] 图1为本发明一个或多个实施例的一种超大规模数据库缺失数据填充方法及装置总体流程图;
- [0047] 图2为本发明一个或多个实施例的射频输出端示意图;
- [0048] 图3为本发明一个或多个实施例的射频接收端示意图;
- [0049] 图4为本发明一个或多个实施例的雷达采集的I/Q信号示意图;
- [0050] 图5为本发明一个或多个实施例的滤除杂波干扰后的I/Q信号示意图;
- [0051] 图6为本发明一个或多个实施例的回波信号处理后的信号示意图;
- [0052] 图7为本发明一个或多个实施例的经过滤波后的回波信号示意图;
- [0053] 图8为本发明一个或多个实施例的滑动滤波后的信号示意图;
- [0054] 图9为本发明一个或多个实施例的重构后的心跳信号示意图;
- [0055] 图10为本发明一个或多个实施例的变时窗选择示意图;
- [0056] 图11为本发明一个或多个实施例的基于变时窗技术的信号频谱示意图;
- [0057] 图12为本发明一个或多个实施例的基最终的心率信号示意图。

## 具体实施方式

- [0058] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0059] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0060] 需要注意的是,附图中的流程图和框图示出了根据本公开的各种实施例的方法和系统的可能实现的体系架构、功能和操作。应当注意,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分,所述模块、程序段、或代码的一部分可以包括一个或多个用于实现各个实施例中所规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为备选的实现中,方框中所标注的功能也可以按照不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行,或者它们有时也可以按照相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。同样应当注意的是,流程图和/或框图中的每个方框、以及流程图和/或框图中的方框的组合,可以使用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以使用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0061] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0062] 实施例一

[0063] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种用于远距离人员心率检测的太赫兹穿墙雷达。

[0064] 如图2和图3所示,一种用于远距离人员心率检测的太赫兹穿墙雷达,包括:射频输出端和射频接收端,将倍频、射频上变频、再耦合后的太赫兹波作为本振信号,同时通过第一极化器自所述射频输出端输出,所述射频接收端通过第二极化器后实时接收I/Q两路回波信号。

[0065] 本实施例中的THz雷达接收机(零中频)能够实时接收I/Q两路回波信号。本实施例的THz雷达中,为了有效提高参考本振信号与发射信号的相位一致性,提供系统识别精度,将倍频、射频上变频、再耦合后的THz波作为本振信号,此外通过线性的频谱搬移降低信号的非线性相位误差,降低系统数据补偿难度,如图2所示。在输出端与接收端增加极化器,能够有效消除环境杂波,提高接收机信噪比,获取目标特性,增加目标识别维度,接收端如图3所示。

[0066] 为了有效提高参考本振信号与发射信号的相位一致性,提供系统识别精度,将倍频、射频上变频、再耦合后的THz波作为本振信号,此外通过线性的频谱搬移降低信号的非线性相位误差,降低系统数据补偿难度。在输出端与接收端增加极化器,能够有效消除环境杂波,提高接收机信噪比,获取目标特性,增加目标识别维度。

[0067] 实施例二

[0068] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

[0069] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,该方法包括:

[0070] 步骤1:接收心率检测实时的I/Q两路回波信号;

[0071] 步骤2:分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;

[0072] 步骤3:对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调;

[0073] 步骤4:采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;

- [0074] 步骤5:对回波信号中心跳信号信噪比进行增强;  
 [0075] 步骤6:采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;  
 [0076] 步骤7:进行基于变时窗选择的信号频谱估计;  
 [0077] 步骤8:抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。

[0078] 在本实施例步骤1中采集THz雷达采集的I/Q信号如图4所示。

[0079] 在本实施例步骤2杂波抑制中,步骤2主要是抑制回波信号中杂波干扰,主要包括静态杂波与非静态杂波。其中,静态杂波主要来自于测试环境中的静态目标,可以认为其是时不变信号。本发明中利用背景滤波算法对其进行估计,可表示为

$$[0080] \quad \mathfrak{S}_1 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I[n] \quad (1)$$

$$[0081] \quad \mathfrak{S}_2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Q[n] \quad (2)$$

[0082] 其中, $n=1, \dots, N$ ,表示数字化的回波信号的样本数据。为了抑制静态杂波,将数字化的回波I/Q的每一个样本分别减去式(1)与式(2)的结果,可表示为

$$[0083] \quad \tilde{I}[n] = I[n] - \mathfrak{S}_1 \quad (3)$$

$$[0084] \quad \tilde{Q}[n] = Q[n] - \mathfrak{S}_2 \quad (4)$$

[0085] 抑制回波中的非静态杂波,可得到:

$$[0086] \quad W_1 = I^T - X (X^T X)^{-1} X^T I^T \quad (5)$$

$$[0087] \quad W_2 = Q^T - X (X^T X)^{-1} X^T Q^T \quad (6)$$

[0088] 其中, $X = [x_1, x_2]$ ,  $x_1 = [0, 1, \dots, N-1]^T$ ,  $x_2 = [1, 1, \dots, 1]_{N \times 1}^T$ 。滤除杂波干扰后的I/Q信号如图5所示。

[0089] 在本实施例步骤3信号解调中,

[0090] 对I/Q信号进行复信号解调(complex signal demodulation,CSD),可表示为:

$$[0091] \quad Y = W_1 - j W_2 = \tilde{A} e^{-j \left( 4\pi \left[ \frac{d_0 + m_h \sin(2\pi f_h t)}{\lambda} \right] + \varphi \right)} \quad (7)$$

[0092] 其中, $d_0$ 表示雷达与生命体之间的距离, $m_h$ 心跳幅度, $f_h$ 表示心率, $\lambda$ 表示波长, $\varphi$ 表示相位噪声。

[0093] 为了抑制解调后信号中存在的常数项干扰,对信号进行对数处理,可表示为:

$$[0094] \quad \tilde{Y} = \ln \tilde{A} - j \left( 4\pi \left[ \frac{d_0 + m_h \sin(2\pi f_h t)}{\lambda} \right] + \varphi \right) \quad (8)$$

[0095] 由此可知,心跳信号主要存在于上式的虚部,因此,对式(8)进行虚部处理,可得到:

$$[0096] \quad \hat{Y} = \frac{4\pi d_0}{\lambda} + \frac{4\pi m_h \sin(2\pi f_h t)}{\lambda} + \varphi \quad (9)$$

[0097] 回波信号处理后的信号如图6所示。

[0098] 在本实施例步骤4高低频杂波抑制中,

[0099] 经过步骤3的处理后,接下来主要是利用5阶巴特沃斯滤波器抑制回波中存在的高频与低频噪声干扰,可表示为:

$$[0100] \quad R[n] = \chi_1 \hat{Y}[n] + \chi_2 \hat{Y}[n-1] + \dots + \chi_6 \hat{Y}[n-5] - \kappa_2 \hat{Y}[n-1] - \dots - \kappa_6 \Phi[n-5] \quad (10)$$

[0101] 其中, $\kappa_i$  and  $\chi_i$ 表示滤波系数。经过滤波后的回波信号如图7所示。

[0102] 在本实施例步骤5信噪比增强中,

[0103] 本发明利用滑动滤波器实现心跳信号信噪比的增强,可表示为:

$$[0104] \quad E[k] = \frac{1}{7} \sum_{n=7 \times k}^{7 \times k + 11} R[n], k = 1, 2, \dots \quad (11)$$

[0105] 其中, $k = 1, \dots, \lfloor N/7 \rfloor$ ,  $\lfloor N/7 \rfloor$ 表示小于 $N/7$ 的最大整数。滑动滤波后的信号图8所示。

[0106] 在本实施例步骤6信号重构中,

[0107] 为了抑制带外噪声对心跳信号的影响,利用小波变换(Wavelet Transform, WT)实现信号的分解与重构。在对信号进行分解过程中,小波变换可表示为:

$$[0108] \quad D = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_n E(n) \psi^* \left( \frac{n-b}{a} \right) \quad (12)$$

[0109] 其中, $\psi((n-b)/a)$ 表示变换过程中采用的小波函数, $a$ 表示尺度因子, $b$ 表示扩展因子。

[0110] 本发明中采用的小波函数为Morlet小波,可表示为:

$$[0111] \quad \psi^*(n) = e^{-\frac{n^2}{2}} \cos(5n) \quad (13)$$

[0112] 利用分解后的扩展因子与尺度因子,信号可重构为

$$[0113] \quad \Phi_\varepsilon(n) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} a_i \psi^*(n-i) + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{i=-\infty}^{\infty} d_j 2^{j/2} \psi(2^j n - i) \quad (14)$$

[0114] 其中,

$$[0115] \quad a_i = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Phi_\varepsilon(n) \psi^*(n-i) \quad (15)$$

$$[0116] \quad d_j = 2^{j/2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Phi_\varepsilon(n) \psi^*(2^j n - i) \quad (16)$$

[0117] 重构后的心跳信号如图9所示。

[0118] 在本实施例步骤7基于变时窗选择的信号频谱估计中,

[0119] 为了有效估计心率,步骤7中提出了一种变时长的信号选择策略。通常,对于具有固定时长的信号,频率分辨率为:

$$[0120] \quad \Delta f = 1/T_w \quad (17)$$

[0121] 为了准确估计心率,必须满足:

$$[0122] \quad \Delta f \ll f_h \quad (18)$$

[0123] 即

$$[0124] \quad f_r = \rho \times \Delta f \quad (19)$$

[0125] 其中, $\rho$ 表示正整数。

[0126] 为了满足上式要求,同时提高估计精度,本发明提出如图10所示的变时窗选择策略,此种情况下频率分辨率可表示为:

$$[0127] \quad \Delta f = \frac{f_s}{w_i}, \quad i=1,2,\dots,q \quad (20)$$

[0128] 其中,  $w_i$  表示第  $i$  个窗口的长度,  $q$  表示窗口数目。

[0129] 为了估计心率,对每一个时窗内的信号进行傅里叶变换,同时对频谱进行加窗处理,窗口宽度为0.8-2.4Hz。此外,对于得到的  $q$  组频谱进行累计运算,可表示为:

$$[0130] \quad G(i) = \sum_{j=1}^q \Omega_j(i) \quad (21)$$

[0131] 基于变时窗技术的信号频谱如图11所示。

[0132] 在本实施例步骤8带内谐波抑制中,

[0133] 由步骤7得到的信号频谱除了心率,还存在谐波干扰。因此,需要对谐波进行抑制。本发明中对带内谐波的抑制可表示为:

$$[0134] \quad H[i] = L[i] + jL[i] \quad (22)$$

[0135] 其中,

$$[0136] \quad L[i] = \begin{cases} 2G[i], & \kappa > 0 \\ G[i], & \kappa = 0 \\ 0, & \kappa < 0 \end{cases} \quad (23)$$

[0137]  $\kappa$  表示频谱分量。

[0138] 由此心率可估计为:

$$[0139] \quad f_r = H[\mu_r] \quad (24)$$

[0140] 其中,  $\mu_r$  表示累积频谱的峰值。最终的心率信号如图12所示。

[0141] 实施例三

[0142] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种计算机可读存储介质。

[0143] 一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,所述指令适于由终端设备的处理器加载并执行所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

[0144] 实施例四

[0145] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种终端设备。

[0146] 一种终端设备,其包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法。

[0147] 这些计算机可执行指令在设备中运行时使得该设备执行根据本公开中的各个实施例所描述的方法或过程。

[0148] 在本实施例中,计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质,其上载有用于执行本公开的各个方面的计算机可读程序指令。计算机可读存储介质可以是可以保持和存储由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质例如可以是一一但不限于一一电存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:便携式计算

机盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可擦式可编程只读存储器 (EPROM或闪存)、静态随机存取存储器 (SRAM)、便携式压缩盘只读存储器 (CD-ROM)、数字多功能盘 (DVD)、记忆棒、软盘、机械编码设备、例如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构、以及上述的任意合适的组合。这里所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身,诸如无线电波或者其他自由传播的电磁波、通过波导或其他传输媒介传播的电磁波 (例如,通过光纤电缆的光脉冲)、或者通过电线传输的电信号。

[0149] 本公开所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备,或者通过网络、例如因特网、局域网、广域网和/或无线网下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令,并转发该计算机可读程序指令,以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

[0150] 用于执行本公开内容操作的计算机程序指令可以是汇编指令、指令集架构 (ISA) 指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的源代码或目标代码,所述编程语言包括面向对象的编程语言—诸如 C++ 等,以及常规的过程式编程语言—诸如“C”语言或类似的编程语言。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网 (LAN) 或广域网 (WAN)—连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机 (例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。在一些实施例中,通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路,例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列 (FPGA) 或可编程逻辑阵列 (PLA),该电子电路可以执行计算机可读程序指令,从而实现本公开内容的各个方面。

[0151] 实施例五

[0152] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置。

[0153] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置,基于所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法,包括:

[0154] 信号接收模块,被配置为接收心率检测实时的 I/Q 两路回波信号;

[0155] 杂波抑制模块,被配置为分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波;

[0156] 复信号解调模块,被配置为对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调;

[0157] 噪声干扰抑制模块,被配置为采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制;

[0158] 信噪比增强模块,被配置为对回波信号中心跳信号信噪比进行增强;

[0159] 分解重构模块,被配置为采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构;

[0160] 频谱估计模块,被配置为进行基于变时窗选择的信号频谱估计;

[0161] 谐波干扰抑制模块,被配置为抑制信号频谱中除心率的谐波干扰,得到最终的心率信号。

[0162] 以上实施例三、四和五的装置中涉及的各项步骤与方法实施例二相对应,具体实施方式可参见实施例一的相关说明部分。术语“计算机可读存储介质”应该理解为包括一个或多个指令集的单个介质或多个介质;还应当被理解为包括任何介质,所述任何介质能够存储、编码或承载用于由处理器执行的指令集并使处理器执行本发明中的任一方法。

[0163] 实施例六

[0164] 根据本公开的一个或多个实施例的一个方面,提供一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测系统。

[0165] 一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测系统,包括依次连接的所述太赫兹穿墙雷达、多路采集设备和所述的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测装置。

[0166] 在本实施例中利用多路采集设备实现上述信号的精确采集,数字化的回波信号分别记为I与Q,储存在电脑中,以便后期数据处理应用。

[0167] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果:

[0168] 本发明公开的一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统,分别利用背景滤波算法与LTS算法抑制回波信号中的杂波干扰;对I/Q两路信号进行复信号解调,及进行对数处理;利用带通滤波器抑制高、低频噪声;利用滑动滤波器改善信号信噪比;利用小波变换对心跳信号进行重构;设计变时窗策略,循环利用有限的时域信号;对不同长度的时域信号频谱进行累积;通过频域加窗估计心率,有效实现远距离穿墙情况下心率的精确检测。

[0169] 本领域技术人员应该明白,上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算机装置来实现,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。本发明不限制于任何特定的硬件和软件的结合。

[0170] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0171] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。



图1

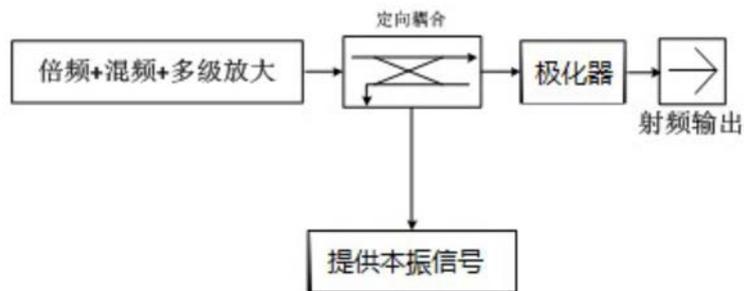


图2



图3

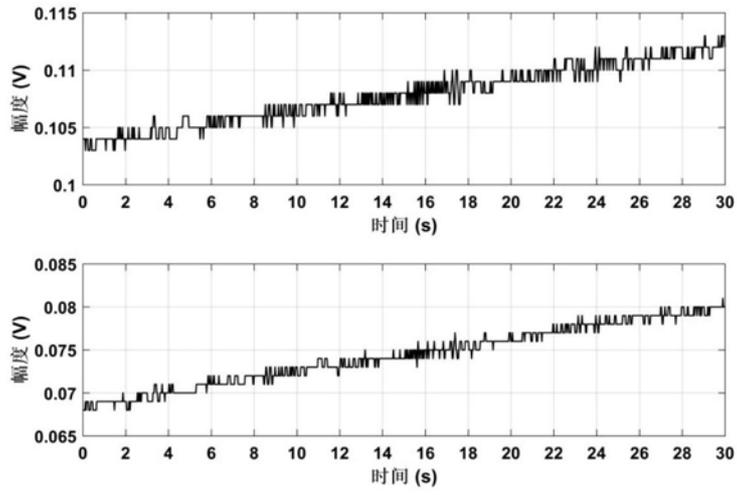


图4

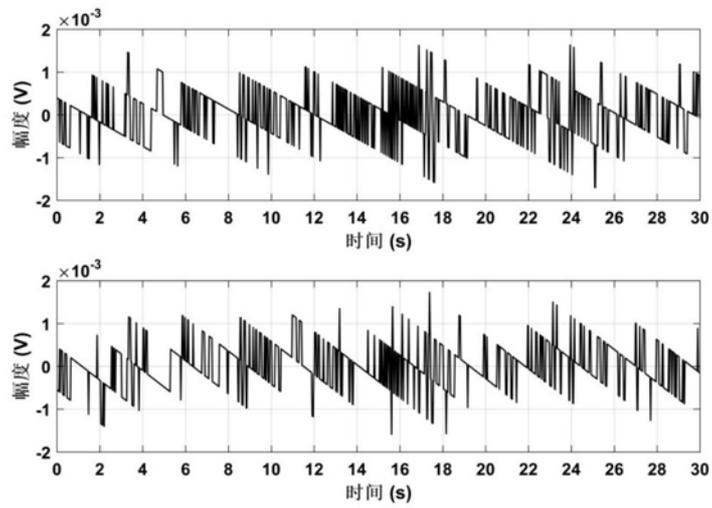


图5

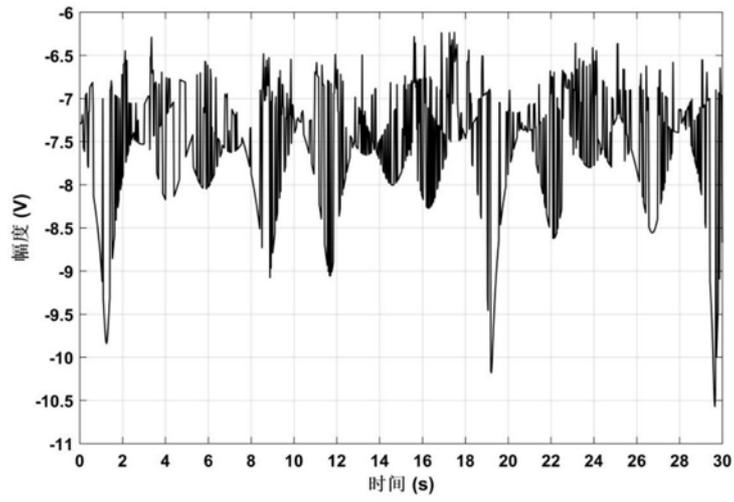


图6

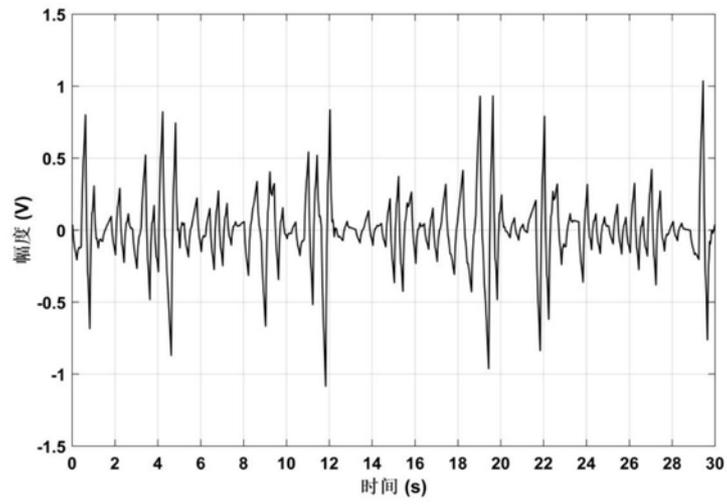


图7

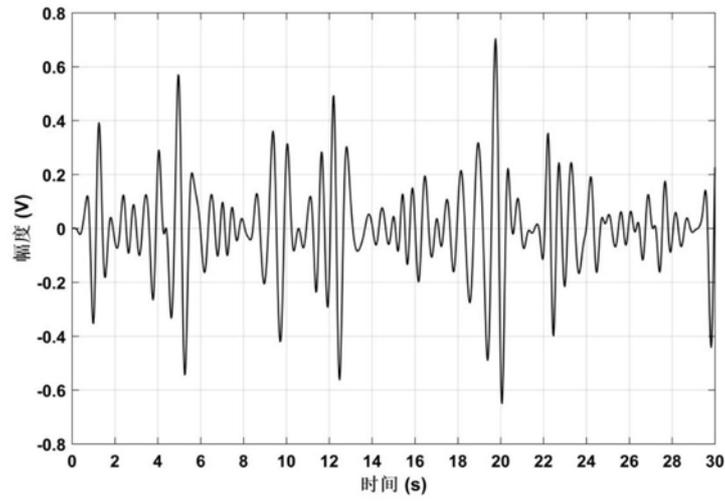


图8

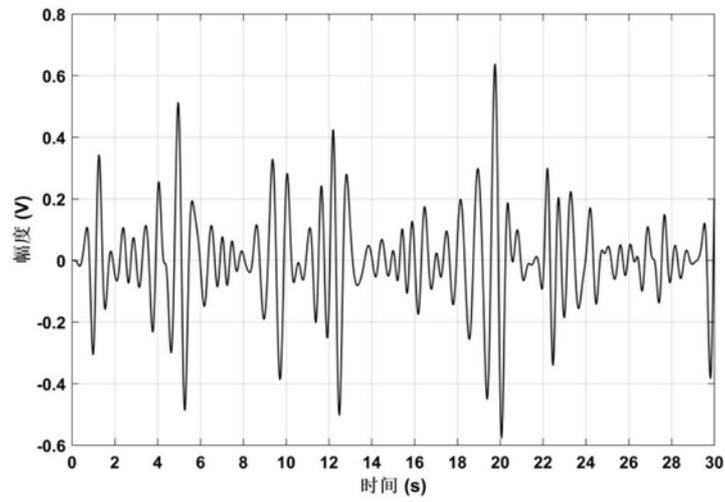


图9

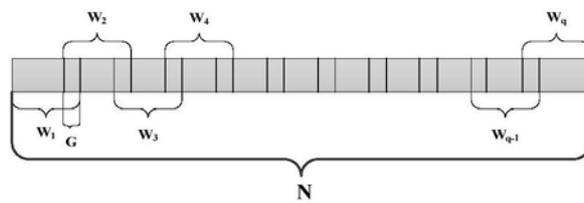


图10

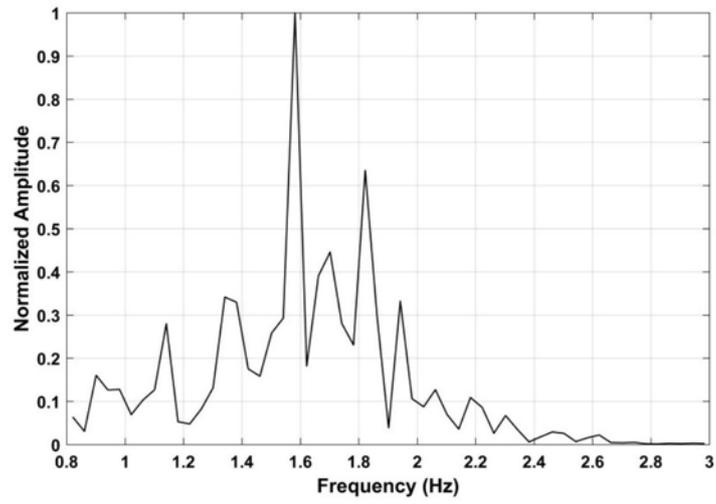


图11

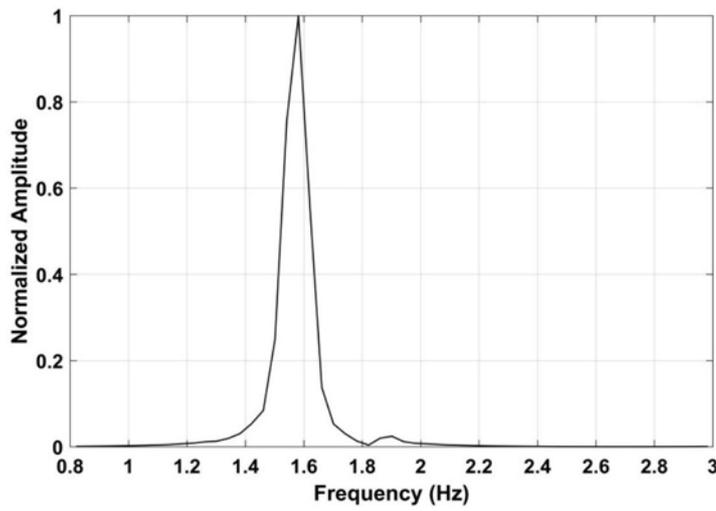


图12

专利名称(译)	一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110448290A</a>	公开(公告)日	2019-11-15
申请号	CN201910764062.2	申请日	2019-08-19
[标]申请(专利权)人(译)	中电科仪器仪表有限公司		
申请(专利权)人(译)	中电科仪器仪表有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	中电科仪器仪表有限公司		
[标]发明人	梁晓林 邓建钦 张超群 刘朝阳		
发明人	梁晓林 邓建钦 张超群 刘朝阳		
IPC分类号	A61B5/024 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/02444 A61B5/7203 A61B5/7225 A61B5/725		
代理人(译)	张勇		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于太赫兹穿墙雷达的远距离人员心率检测方法、装置及系统，该方法包括：接收心率检测实时的I/Q两路回波信号；分别抑制所述回波信号中的静态杂波和非静态杂波；对杂波抑制后的回波信号进行复信号解调；采用滤波器对回波信号中的高频和低频噪声干扰进行抑制；对回波信号中心跳信号信噪比进行增强；采用小波变换对信噪比增强后的回波信号进行分解和重构；进行基于变时窗选择的信号频谱估计；抑制信号频谱中除心率的谐波干扰，得到最终的心率信号。

