(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109965858 A
(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201910241638.7

(22)申请日 2019.03.28

(71)申请人 北京邮电大学
地址 100876 北京市海淀区西土城路10号

(72)发明人 李秀萍 李剑菡 李昱冰

(74)专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司 11403
代理人 陈宙

(51)Int.Cl.
A61B 5/0205(2006.01)
A61B 5/024(2006.01)
A61B 5/08(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)

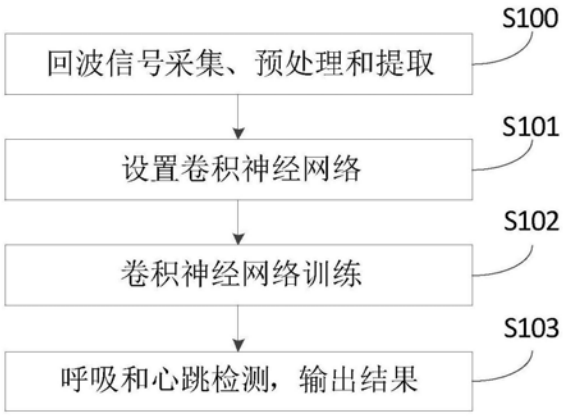
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置

(57)摘要

本发明公开了一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置，该方法包括步骤：通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号，并进行预处理和提取，分别得到正常检测序列和异常检测序列；设置卷积神经网络；基于正常检测序列和异常检测序列，对卷积神经网络进行训练；通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测，输出是否属于正常心跳的判别结果。该装置包括信号处理模块、卷积神经网络设置模块、训练模块和检测模块。该方法和装置，通过深度学习，提高了心跳频率的检测准确度，提升了对于正常心跳和异常心跳的判别能力，做到实时检测的较准确区分。



CN 109965858 A

1.一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在于,包括步骤:

步骤A,通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号,并进行预处理和提取,分别得到正常检测序列和异常检测序列;

步骤B,设置卷积神经网络;

步骤C,基于所述正常检测序列和所述异常检测序列,对所述卷积神经网络进行训练;

步骤D,通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测,输出是否属于正常心跳的判别结果。

2.根据权利要求1所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在于,所述步骤A包括:

步骤A1,通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号,并将所述第一回波信号转化为第一复信号;

步骤A2,对所述第一复信号在快时间维度做FFT变换,取零频分量得到所述第一复信号的相位信息,消除超宽带雷达的距离维度分量;

步骤A3,使用扩展差分和交叉乘方法消除所述第一复信号的相位混叠;

步骤A5,利用中值滤波器消除所述第一复信号中人体位移引起的低频分量;

步骤A6,对消除低频分量后的所述第一复信号做z变换,并通过累加器抑制零均值的噪声;

步骤A7,利用状态空间法增加所述第一复信号的信噪比;

步骤A8,利用FFT变换从所述第一复信号中提取正常的呼吸和/或心跳频率信号;

步骤A9,将提取出的预设数量的窗中的呼吸和/或心跳频率信号转换成预设长度的正常检测序列;

步骤A10,参照步骤A1-A9,获取第二回波信号并转化为第二复信号,对应提取人体异常的呼吸和/或心跳频率信号,得到预设长度的异常检测序列。

3.根据权利要求1所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在于,所述步骤B包括将卷积神经网络设置为如下结构:

依次包含输入层、8核的5×5第一卷积层、第一RELU层、第一BN层、第一最大池化层、16核的5×5第二卷积层、第二RELU层、第二BN层、第二最大池化层、32核的5×5第三卷积层、第三RELU层、第三BN层、平均池化层、softmax层和分类输出层。

4.根据权利要求1所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在于,所述步骤C包括:

将所述正常检测序列和所述异常检测序列分别对应转成正常检测RGB图片和异常检测RGB图片;

将所述正常检测RGB图片和所述异常检测RGB图片随机打乱,并分成训练组数据和测试组数据,对所述卷积神经网络进行训练。

5.根据权利要求2所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在于,所述步骤A8利用FFT变换从所述第一复信号中提取正常的呼吸和/或心跳频率信号,包括利用FFT变换基于相位提取所述正常的呼吸和/或心跳频率信号。

6.根据权利要求1-5任一项所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法,其特征在

于,所述步骤D还包括:

实时输出并显示心跳频率、心跳波形、呼吸频率、呼吸波形。

7.基于超宽带雷达人体生命体征检测装置,其特征在于,包括信号处理模块、卷积神经网络设置模块、训练模块和检测模块;

所述信号处理模块,用于通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号,并进行预处理和提取,分别得到正常检测序列和异常检测序列;

所述卷积神经网络设置模块,用于设置卷积神经网络;

所述训练模块,用于基于所述正常检测序列和所述异常检测序列,对所述卷积神经网络进行训练;

所述检测模块,用于通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测,输出是否属于正常心跳的判别结果。

8.根据权利要求7所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测装置,其特征在于,所述信号处理模块,包括采集单元、预处理单元和提取单元;

所述采集单元,用于通过超宽带雷达获取多个人体正常或者异常的呼吸和/或心跳的第一或第二回波信号,并将所述第一或第二回波信号分别对应转化为第一或第二复信号;

所述预处理单元,用于对所述第一或者第二复信号在快时间维度做FFT变换,取零频分量得到所述第一或第二复信号的相位信息,消除超宽带雷达的距离维度分量;使用扩展差分和交叉乘方法消除所述第一或第二复信号的相位混叠;利用中值滤波器消除所述第一或第二复信号中人体位移引起的低频分量;对消除低频分量后的所述第一或第二复信号做z变换,并通过累加器抑制零均值的噪声;利用状态空间法增加所述第一或第二复信号的信噪比;

所述提取单元,用于利用FFT变换从所述预处理单元处理后的所述第一或第二复信号中提取正常的呼吸和/或心跳频率信号;并将提取出的预设数量的窗中的呼吸和/或心跳频率信号转换成预设长度的正常检测序列或者异常检测序列。

9.根据权利要求7所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测装置,其特征在于,所述卷积神经网络设置模块,用于设置如下结构的卷积神经网络:

依次包含输入层、8核的5×5第一卷积层、第一RELU层、第一BN层、第一最大池化层、16核的5×5第二卷积层、第二RELU层、第二BN层、第二最大池化层、32核的5×5第三卷积层、第三RELU层、第三BN层、平均池化层、softmax层和分类输出层。

10.根据权利要求8所述的基于超宽带雷达人体生命体征检测装置,其特征在于,所述提取单元,用于利用FFT变换基于相位提取所述正常的呼吸和/或心跳频率信号。

基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及人数检测技术领域，特别是涉及一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置。

背景技术

[0002] 人体的生命体征检测广泛应用于救援、智能家居当中，多以呼吸和/或心跳检测为主。现代社会通常使用接触式的检测方法，但探测器与测量者接触可能会使测量者身体不适或者产生二次伤害。接触式测量也无法在废墟、较远距离的范围内对待测者进行测量。而雷达具有高分辨率、低功耗、抗干扰能力强、可穿透、可在黑暗复杂环境检测等优势，可用于对感染传染性疾病病人、重症病人的临床监护，还可实时监护婴幼儿的生命体征，及时发现病情和隐患，弥补了测量人体呼吸和/或心跳在接触式测量中的缺陷。近年来，雷达得到了广泛应用，而雷达的种类也有很多种，包括X波段雷达、CW(连续波)雷达、UWB(超宽带)雷达，FMCW(调频连续波)雷达，MIMO(多输入多输出)雷达等。目前已有用CW雷达、FMCW雷达、MIMO雷达对人体的呼吸和/或心跳进行检查，且具有较高的检测精度，而UWB雷达则较少涉及，且检测精度不高。

[0003] 现有技术中，中国发明专利申请201810288607.2公开了一种基于超宽带雷达的人体呼吸速率和心率的测定方法，其技术方案的要点包括：超宽带雷达初始化；获取回波信号；依据回波信号计算人的位置信息；一维时间序列信号进行巴特沃斯带通滤波；对信号分别使用Min-Max归一化方法对信号进行增强；对增强的信号分别使用汉宁窗进行平滑；对平滑处理的信号进行快速离散傅里叶变换；寻找信号在呼吸区间和心率区间的峰值，作为呼吸和/或心跳的参数。该发明专利申请虽然提出了基于超宽带雷达实现与非接触式呼吸和心率的测定，但使用带通滤波器和快速傅里叶方法对呼吸和/或心跳频率进行提取，由于人体的心跳频率较微弱，易受环境等因素的影响，例如检人体的轻微移动产生了较大的低频干扰分量，测到的目标频率信号会偏离实际频率，因此不能得到准确的呼吸和/或心跳值，对于测量对象的心跳是否异常的分辨能力随之下降。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提出一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置，以解决上述技术问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明提供了如下方案：

[0006] 本发明实施例的第一个方面，提供了一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法，包括步骤：

[0007] 步骤A，通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号，并进行预处理和提取，分别得到正常检测序列和异常检测序列；

[0008] 步骤B，设置卷积神经网络；

[0009] 步骤C,基于正常检测序列和所述异常检测序列,对卷积神经网络进行训练;

[0010] 步骤D,通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测,输出是否属于正常心跳的判别结果。

[0011] 可选的,步骤A包括:

[0012] 步骤A1,通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号,并将所述第一回波信号转化为第一复信号;

[0013] 步骤A2,对第一复信号在快时间维度做FFT变换,取零频分量得到第一复信号的相位信息,消除UWB(超宽带)雷达的距离维度分量;

[0014] 步骤A3,使用扩展差分和交叉乘方法消除第一复信号的相位混叠,即使用DACM获取微动信号与速度函数相关的角速度函数;

[0015] 步骤A5,利用中值滤波器消除第一复信号中人体位移引起的低频分量,即消除人体位移引起的大幅度抖动;

[0016] 步骤A6,对消除低频分量后的第一复信号做z变换,并通过累加器抑制零均值的噪声;

[0017] 步骤A7,利用状态空间法(SSM)从第一复信号提取正常的呼吸和/或心跳频率信号(高信噪比);

[0018] 步骤A8,利用FFT提取正常的呼吸和/或心跳频率;

[0019] 步骤A9,将提取出的预设数量的窗中的呼吸和/或心跳频率信号转换成预设长度的正常检测序列;

[0020] 步骤A10,参照步骤A1-A9,对应提取人体异常的呼吸和/或心跳信号,并转成预设长度的异常检测序列。

[0021] 可选的,步骤B包括将卷积神经网络设置为如下结构:

[0022] 依次包含输入层、8核的5×5第一卷积层、第一RELU层、第一BN层、第一最大池化层、16核的5×5第二卷积层、第二RELU层、第二BN层、第二最大池化层、32核的5×5第三卷积层、第三RELU层、第三BN层、平均池化层、softmax层和分类输出层。

[0023] 可选的,步骤C包括:

[0024] 将正常检测序列和异常检测序列分别对应转成正常检测RGB图片和异常检测RGB图片;

[0025] 将正常检测RGB图片和异常检测RGB图片随机打乱,并分成训练组数据和测试组数据,对卷积神经网络进行训练。

[0026] 可选的,步骤A8利用FFT变换从第一复信号中提取正常的呼吸和/或心跳频率信号,包括利用FFT变换基于相位提取所述正常的呼吸和/或心跳频率信号。

[0027] 可选的,步骤D还包括:

[0028] 实时输出并显示心跳频率、心跳波形、呼吸频率、呼吸波形。

[0029] 本发明实施例的第二个方面,提供了一种基于超宽带雷达人体生命体征检测装置,包括信号处理模块、卷积神经网络设置模块、训练模块和检测模块;

[0030] 信号处理模块,用于通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号,并进行预处理和提取,分别得到正常检测序列和异常检测序列;

[0031] 卷积神经网络设置模块，用于设置卷积神经网络；

[0032] 训练模块，用于基于正常检测序列和异常检测序列，对卷积神经网络进行训练；

[0033] 检测模块，用于通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测，输出是否属于正常心跳的判别结果。

[0034] 可选的，信号处理模块，包括采集单元、预处理单元和提取单元；

[0035] 采集单元，用于通过超宽带雷达获取多个人体正常或者异常的呼吸和/或心跳的第一或第二回波信号，并将所述第一或第二回波信号分别对应转化为第一或第二复信号；

[0036] 预处理单元，用于对第一或者第二复信号在快时间维度做FFT变换，取零频分量得到第一或第二复信号的相位信息，消除超宽带雷达的距离维度分量；使用扩展差分和交叉乘方法消除第一或第二复信号的相位混叠；利用中值滤波器消除第一或第二复信号中人体位移引起的低频分量；对消除低频分量后的第一或第二复信号做z变换，并通过累加器抑制零均值的噪声；利用状态空间法增加第一或第二复信号的信噪比；

[0037] 提取单元，用于利用FFT变换从预处理单元处理后的第一或第二复信号中提取正常的呼吸和/或心跳频率信号；并将提取出的预设数量的窗中的呼吸和/或心跳频率信号转换成预设长度的正常检测序列或者异常检测序列。

[0038] 可选的，卷积神经网络设置模块，用于设置如下结构的卷积神经网络：

[0039] 依次包含输入层、8核的5×5第一卷积层、第一RELU层、第一BN层、第一最大池化层、16核的5×5第二卷积层、第二RELU层、第二BN层、第二最大池化层、32核的5×5第三卷积层、第三RELU层、第三BN层、平均池化层、softmax层和分类输出层。

[0040] 可选的，提取单元，用于用于利用FFT变换基于相位提取正常的呼吸和/或心跳频率信号。

[0041] 根据本发明提供的具体实施例，本发明公开了以下技术效果：

[0042] 本发明提供的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置，通过超宽带雷达分别获取人体正常和异常的呼吸和/或心跳，进行预处理和提取后得到正常检测序列和异常检测序列，并以两种序列数据作为训练或者测试数据对特定结构的卷积神经网络进行训练，通过深度学习，使该卷积神经网络更为准确地提取心跳频率，尤其是提高了该卷积神经网络对于正常心跳和异常心跳的判别能力，自动输出对正常和异常心跳进行识别的判别结果，做到实时检测的较准确区分；

[0043] 进一步地，本发明对回波信号使用DACM-SSMF方法提取正常的呼吸和/或心跳信号，相比于带通滤波和快速傅里叶变换，解决了基于相位提取方法的相位越界混叠的问题，并应用中值滤波器消除人体位移轻微移动的影响，有效的改善了人体的位置移动而导致的心跳信号无法正常提取的影响，同时使用SSM方法提高了心跳频率提取的准确性。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0045] 图1为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法一个实施例的流程示意图；

[0046] 图2为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法另一个实施例的主体流程的示意图(部分流程未示出)；

[0047] 图3为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法再一个实施例中主体流程的简要示意图；

[0048] 图4为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法中FFT频谱图结果；

[0049] 图5为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法中DACM频谱图结果；

[0050] 图6为本发明基于超宽带雷达人体生命体征检测方法中DACM-SSM频谱图结果。

具体实施方式

[0051] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例的附图，对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0052] 实施例1

[0053] 本发明实施例1提供了一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法，参见图1所示，该方法主要包括如下步骤：

[0054] 步骤S100，通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号，并进行预处理和提取，分别得到正常检测序列和异常检测序列。

[0055] 本发明中心跳、呼吸的正常和异常，均按照医学常识为判别标准加以区分，例如普通成人(非运动员)正常心率为60～100次/分钟则为正常，其他则为异常，本领域技术人员能够根据医学常识明确本发明中正常和异常的具体所指，不再赘述。

[0056] 步骤S101，设置卷积神经网络。

[0057] 步骤S102，基于正常检测序列和异常检测序列，对卷积神经网络进行训练；

[0058] 步骤S103，通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测，输出是否属于正常心跳的判别结果。

[0059] 人体心跳和呼吸等生命体征的非接触式检测的主要用途可包括日常人体健康检查和救助事故或自然灾害现场的伤员，迅速判别测量对象的心跳是否异常对于及时发现病情以及对伤员进行及时抢救具有重要意义。本发明实施例提供的基于超宽带雷达人体生命体征检测方法，能够快速判别测量对象的心跳是否异常，无疑对患者或者伤员的抢救提供了参考数据，争取了时间。

[0060] 实施例2

[0061] 本发明实施例2提供一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法的另一个实施例，在该实施例中，该检测方法包括步骤：

[0062] 步骤S200，初始化雷达，配置雷达参数。

[0063] 步骤S201，获取人体正常的呼吸和/或心跳I/Q通道信号，并将I/Q通道的第一回波信号转化为第一复信号。

[0064] 步骤S202，应用快时间维度的傅里叶变换获取第一复信号的相位，消除距离维度分量。

[0065] 步骤S203,使用DACM(extended differentiate and crossmultiply Method,扩展差分和交叉乘方法)解决相位混叠问题。

[0066] 步骤S204,将经过DACM处理后的信号进行z变换并使用累加器滤除零均值噪声。

[0067] 步骤S205,使用中值滤波滤除由人体位移引起的低频分量。

[0068] 步骤S206,使用SSM(状态空间法,state space model)算法增加信号信噪比,提取高信噪比的正常的呼吸和/或心跳信号,提高提取呼吸和/或心跳频率精度。

[0069] 步骤S207,将预设数量的窗中提取出的心跳频率转成预设长度的正常检测序列,保证实时有效性。优选地,窗的数量可以预设为10-20,正常检测序列的预设长度也为10-20。

[0070] 优选地,该步骤还一并将呼吸频率信号转换成预设长度的正常检测序列。即

[0071] 步骤S208,获取人体异常的呼吸和/或心跳I/Q通道信号作为第二回波信号,转化为第二复信号,参考步骤S202-S207,对应处理第二复信号,提取异常人体的呼吸和/或心跳信号,并转成预设长度的异常检测序列。

[0072] 步骤S209,将正常和异常心跳检测序列转成RGB图片,用于卷积神经网络训练。

[0073] 步骤S210,将正常心跳检测图片和异常心跳检测图片随机打乱,并分成训练数据和测试数据,用卷积神经网络进行训练,得到正常或异常结果。

[0074] 步骤S211,显示是否异常的判别结果,并显示检测的心跳频率。

[0075] 作为其中一种可实施方式,本发明实施例检测方法的主要流程参见图2所示(部分流程未示出)。

[0076] 现有技术中,显示心跳频率后再通过人工判别是否心跳异常,往往具有一定的滞后性,实时性较差,并且判别的准确度完全依赖于心跳频率的提取准确度,当心跳频率提取偏离实际时,则基于该心跳频率的判别结果也是无意义的;而本发明基于卷积神经网络对异常心跳信号和正常心跳信号的深度学习,使其对于心跳是否异常具有一定的判别能力并且自动输出,简省了人工判别的环节,节省了时间,提高了判别效率。

[0077] 实施例3

[0078] 本发明实施例3提供基于超宽带雷达人体生命体征检测方法的一个优选实施例。

[0079] 具体地,作为一种可实施方式,在该实施例中该检测方法包括步骤:

[0080] 步骤S300,初始化雷达,配置雷达参数。

[0081] 步骤S301,获取正常或异常人体的呼吸和/或心跳雷达回波信号,并将每帧中的I/Q通道的回波信号转化为复信号,转换公式为$y(t,\tau)=y_I(t,\tau)+jy_Q(t,\tau)$,j为虚数单位,t为每帧间隔,τ为每帧中回波位置,$y(t,\tau)$为复信号,$y_I(t,\tau)$为I通道的回波信号,$y_Q(t,\tau)$为Q通道的回波信号;进一步地,复信号矩阵可表示为$Y(t,\tau)=\sum_{i=1}^{N}y(t,\tau)$,N为回波信号总数。

[0082] 步骤S302,对步骤S301得到的复信号在快时间维度即距离维度上做FFT(快速傅里叶变换,Fast Fourier Transformation),去除距离维度分量,并取零频分量的实部R(t),零频分量的虚部M(t),应用公式$\psi(t)=arctan\frac{M(t)}{R(t)}+F$得到相应的相位函数ψ(t),其中F为相位的多值混叠分量。

[0083] 步骤S303,使用DACM(扩展差分和交叉乘方法)消除相位的混叠问题,公式为

$\omega(t)=\frac{d}{dt}[arctan\frac{Q(t)}{I(t)}]=\frac{I(t)\dot{Q}(t)-\dot{I}(t)Q(t)}{I(t)^2+Q(t)^2}$，得到与微动信号的速度函数相关的角速度函数ω(t)，其中$\dot{Q}(t)$和$\dot{I}(t)$分别为Q(t)和I(t)的导数。Q(t)为第一复信号的Q通道信号，I(t)为第一复信号的I通道信号，所求得的ω(t)已经变为单值函数，解决了共域限制的多值问题。

[0084] 步骤S304，ω(t)对噪声敏感，为了抑制噪声，对信号做z变换，最终通过离散累加器得到Φ(n)，公式为$\phi[n]=\sum_{k=2}^{n}\frac{I[k]\{Q[k]-Q[k-1]\}-\{I[k]-I[k-1]\}Q[k]}{I[k]^2+Q[k]^2}$，有效的抑制了零均值的噪声。Φ(n)中包含了人体的呼吸和/或心跳的信号以及人体随机移动引入的杂波。

[0085] 步骤S305，Φ(n)信号中存在呼吸和/或心跳测量过程中人体微动位移导致的低频杂波成分，使用中值滤波器$h_m(n)$提取出Φ(n)中的低频杂波成分$\Phi_f(n)$，$\Phi_f(n)=\Phi(n)*h_m(n)$，其中*表示卷积运算，并通过减法器将Φ(n)减去$\Phi_f(n)$，得到消除了人体微动位移引入的低频杂波成分的信号$\Phi_C(n)$，此信号可以表示为$\Phi_C(n)=\Phi(n)-\Phi_f(n)$。

[0086] 步骤S306，对信号使用SSM算法对人体呼吸和/或心跳进行提取。其提取过程如下描述，SSM算法由状态转移矩阵A，状态独立矩阵B，状态调制矩阵C组成。首先将$\Phi_c(n)$按照hankel矩阵形式进行排列，

[0087] $$H=\begin{bmatrix}\phi_C(1) & \phi_C(2) & \cdots & \phi_C(L)\\ \phi_C(2) & \phi_C(3) & \cdots & \phi_C(L+1)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \phi_C(N-L+1) & \phi_C(N-L+2) & \cdots & \phi_C(N)\end{bmatrix}$$

[0088] 便于呼吸和心跳的特征提取，经过奇异值分解(SVD)后，呼吸和心跳的主成分分量及噪声分量被分别提取出，公式为$H=[U_{sn}\ U_n]\begin{bmatrix}\Sigma_{sn} & 0\\ 0 & \Sigma_n\end{bmatrix}\begin{bmatrix}V_{sn}^*\\ V_n^*\end{bmatrix}$，$U_{sn}$呼吸和心跳的左酉矩阵，$\Sigma_{sn}$呼吸和心跳的特征矩阵，$V_{sn}^*$呼吸和心跳的右酉矩阵，$U_n$噪声的左酉矩阵，$\Sigma_n$噪声的特征矩阵，$V_n^*$噪声的右酉矩阵。选取呼吸和心跳的主成分分量重新合成只含有呼吸和心跳分量的hankel矩阵$\widetilde{H}$，通过坐标变换将$\widetilde{H}$拆分成得到观测矩阵Ω和状态转移矩阵Γ，公式为$\widetilde{H}=\Omega\Gamma$，其中$\Omega=U_{sn}\Sigma_{sn}^{\frac{1}{2}}$，$\Gamma=\Sigma_{sn}^{\frac{1}{2}}V_{sn}^*$，状态转移矩阵A由公式求$A=\left(\Omega_{-rf}^*\Omega_{-rl}\right)^{-1}\Omega_{-rf}^*\Omega_{-rl}$求出，其中第一临时变量$\Omega_{-rf}^*$由Ω矩阵减去矩阵的第一行得到，第二临时变量$\Omega_{-rl}$由Ω矩阵减去矩阵最后一行得到，*为共轭转置运算符。而状态调制矩阵C为Ω矩阵的第一列。C＝Ω(1,:)，状态独立矩阵B，$B=(\Omega_N^*\Omega_N)^{-1}\Omega_N^*{\phi_C}^T$，其中$\Phi_C^T$为原始输入信号$\Phi_C(t)$的转置，传递方程，第三临时变量$\Omega_N$的公式由

[0089] $$\Omega_N=\begin{bmatrix}C\\ CA\\ CA^2\\ \vdots\\ CA^{N-1}\end{bmatrix}$$

[0090] 推出，因此最终拟合出的$s_{b_h}(n)$可由公式

$s_{b_h}(n) = CA^{N-1}B,\ n = 0,1,\ldots,(N-1)$推出，即为提高呼吸和心跳信噪比的输出。

[0091] 优选地，在本实施例中，SSM提取算法为基于相位的提取算法，由SSM算法得到的呼吸和/或心跳结果与FFT变换提取结果的对比如附图4至附图6所示。由图4可以看出，FFT频谱结果存在大量杂波，遮盖了心跳信号，如图中箭头所示，其中fb为呼吸频率，fh为心跳频率，2fb、2fh、4fb分别表示对应倍数的几次谐波(例如2fb表示呼吸频率的二次谐波)。而经过DACM算法提取后大部分杂波信号被抑制，心跳信号可以清晰的被显现出来，如图5所示。再经过SSM算法后，如图6所示，只留下纯净的心跳信号，因此SSM算法提高了心跳信号的信噪比。

[0092] 步骤S307，利用FFT变换提取呼吸和/或心跳频率。

[0093] 至此，实际上本发明实施例提出了一种DACM-SSMF算法(即extended differentiate and crossmultiply Method-state space model Fourier)，用于对雷达采集的人体心跳和呼吸的回波信号进行预处理和提取，能够有效抑制杂波，提高信号的信噪比，提升了心跳频率信号提取的准确度。

[0094] 步骤S308，将预设数量的窗中提取出的心跳频率转成预设长度的正常检测序列；

[0095] 重复步骤S301-S306提取异常人体的呼吸和/或心跳信号，并转成预设长度的异常检测序列。

[0096] 步骤S309，将正常和异常心跳检测序列转成RGB图片，用于卷积神经网络训练。

[0097] 步骤S310，将正常心跳检测图片和异常心跳检测图片随机打乱，并分成训练数据和测试数据，用卷积神经网络进行训练，得到正常或异常结果。

[0098] 优选地，在本实施例中，卷积神经网络依次包含输入层、8核的5×5第一卷积层、第一RELU层、第一BN层、第一最大池化层、16核的5×5第二卷积层、第二RELU层、第二BN层、第二最大池化层、32核的5×5第三卷积层、第三RELU层、第三BN层、平均池化层、softmax层和分类输出层。

[0099] 步骤S3011，实时输出并显示心跳频率、心跳波形、呼吸频率、呼吸波形。

[0100] 作为其中一种可实施方式，该优选实施例的主体简要流程参见图3所示。

[0101] 基于本发明实施例提供的上述方法，经测试该卷积神经网络的测试精度为90％，表明该卷积神经网络可用于人体正常和异常的心跳分类，克服了常见方法中无法对心跳正常和异常频率进行分类的弊端，具有较强的分辨能力。

[0102] 实施例4

[0103] 本发明实施例4提供一种基于超宽带雷达人体生命体征检测装置，包括信号处理模块、卷积神经网络设置模块、训练模块和检测模块；

[0104] 信号处理模块，用于通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号，并进行预处理和提取，分别得到正常检测序列和异常检测序列；

[0105] 卷积神经网络设置模块，用于设置卷积神经网络；

[0106] 训练模块，用于基于正常检测序列和异常检测序列，对卷积神经网络进行训练；

[0107] 检测模块，用于通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进

行检测，输出是否属于正常心跳的判别结果。

[0108] 现有技术中的超宽带雷达检测人体心跳和呼吸的检测方法，还存在以下弊端：1、不能用于实时处理；2、只适用于较为理想的数据及后期的静态处理；3、由于该算法根据目标位置来确定目标的呼吸和/或心跳，但当环境中存在多个目标时，容易误判为其他目标的呼吸心跳，导致测试错误。

[0109] 本发明采用UWB雷达对人体的呼吸和/或心跳进行检测，利用DACM解决了基于相位提取方法的相位越界混叠的问题，并应用中值滤波器消除人体位移轻微移动的影响，有效的改善了人体的位置移动而导致的心跳信号无法正常提取的影响，提高了UWB雷达检测人体呼吸和/或心跳的检测精度，并实时输出正常或者异常的判别结果，异常则实时报警，无疑增加了重症患者和伤员被发现的几率，为伤员或者患者的抢救争取了宝贵的时间。

[0110] 在一个或多个示例性设计中，所述功能可以在硬件、软件、固件或其任意组合中实现。如果在软件中实现，则可以将所述功能作为一个或多个指令或代码存储在计算机可读介质上或通过计算机可读介质来传送。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质，该通信介质包括有助于将计算机程序从一个位置传送到另一个位置的任何介质。存储介质可以是能够被通用或专用计算机访问的任何可用介质。作为例子而非限制性的，该计算机可读介质可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储设备、磁盘存储设备或其它磁性存储设备，或者是可以用于携带或存储形式为指令或数据结构的所需程序代码并且能够被通用或专用计算机或者通用或专用处理器访问的任何其它介质。此外，任何连接都可以适当地称为计算机可读介质。例如，如果使用同轴线缆、光纤线缆、双绞线、数字用户线路(DSL)或诸如红外线、无线电和微波的无线技术来从网站、服务器或其它远程源发送软件，则上述同轴线缆、光纤线缆、双绞线、DSL或诸如红外先、无线电和微波的无线技术均包括在介质的定义。如这里所使用的，磁盘和光盘包括压缩盘(CD)、激光盘、光盘、数字多功能盘(DVD)、软盘、蓝光盘，其中磁盘通常磁性地再现数据，而光盘利用激光光学地再现数据。上述内容的组合也应当包括在计算机可读介质的范围内。

[0111] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

[0112] 本文中应用了具体个例对发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

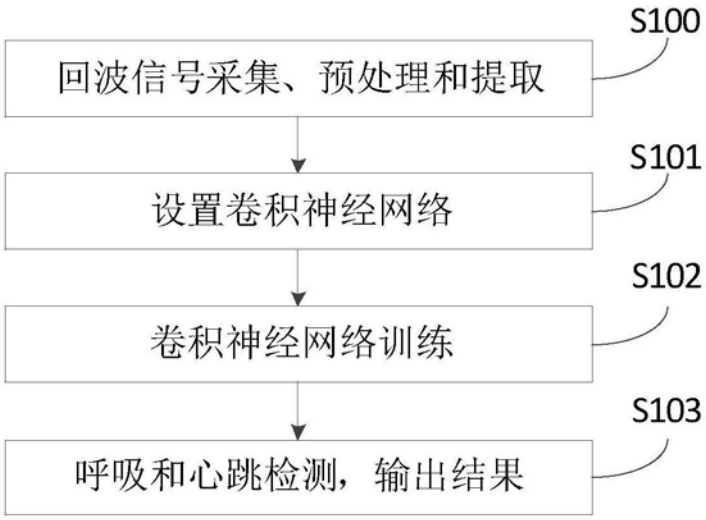

S100
回波信号采集、预处理和提取
S101
设置卷积神经网络
S102
卷积神经网络训练
S103
呼吸和心跳检测，输出结果

图1

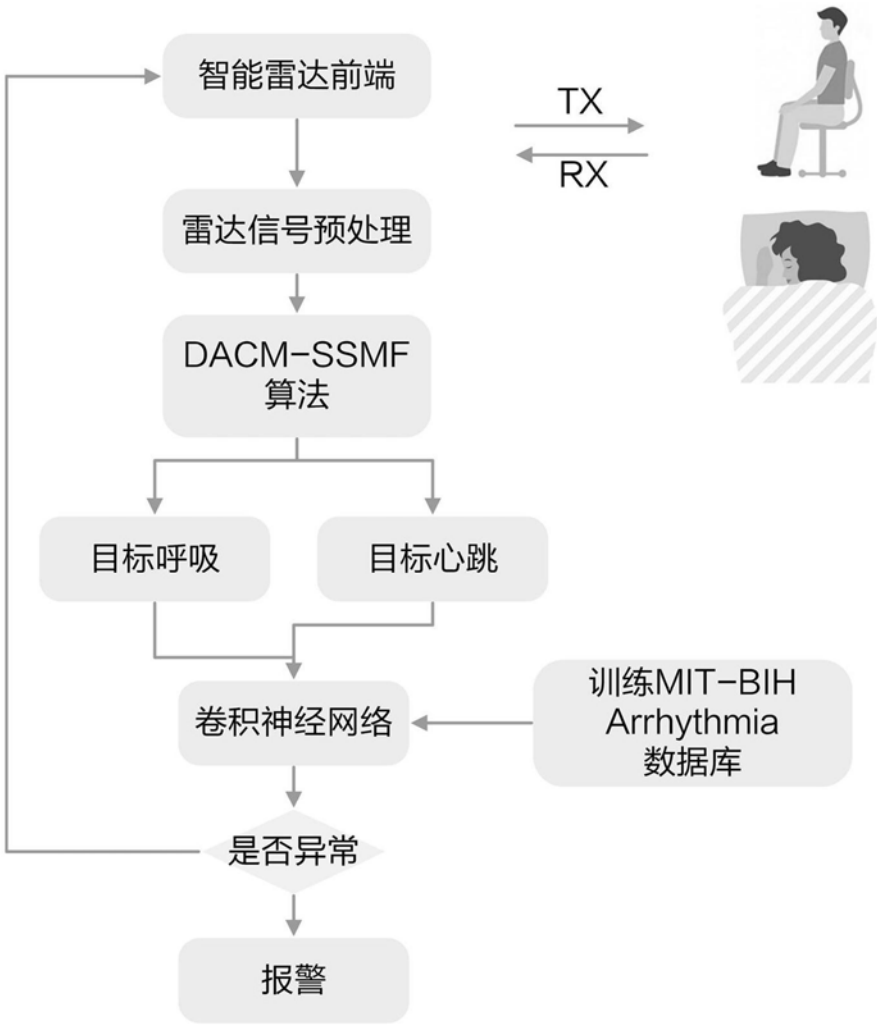

智能雷达前端
TX
RX
雷达信号预处理
DACM-SSMF
算法
目标呼吸
目标心跳
卷积神经网络
训练MIT-BIH
Arrhythmia
数据库
是否异常
报警

图2

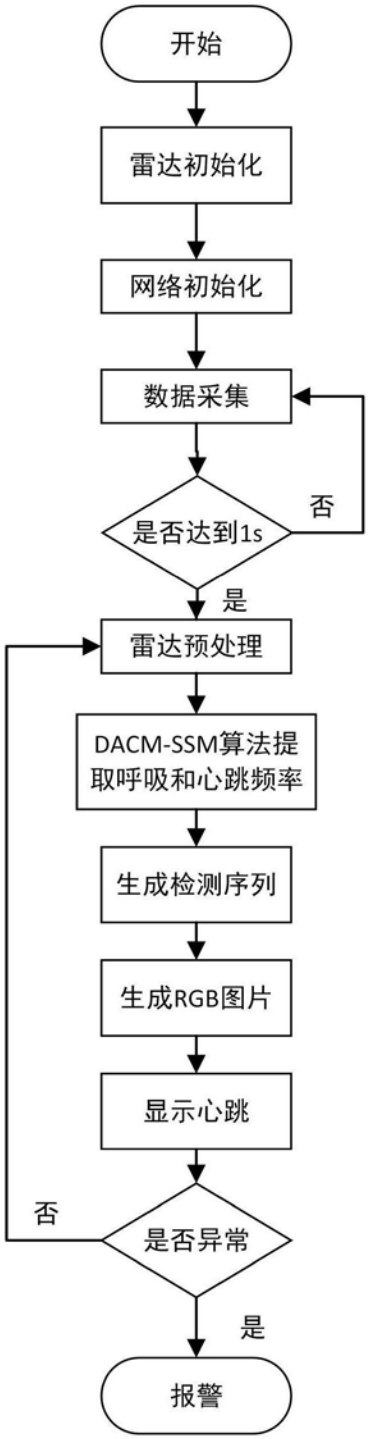

开始
雷达初始化
网络初始化
数据采集
是否达到1s
否
是
雷达预处理
DACM-SSM算法提取呼吸和心跳频率
生成检测序列
生成RGB图片
显示心跳
是否异常
否
是
报警

图3

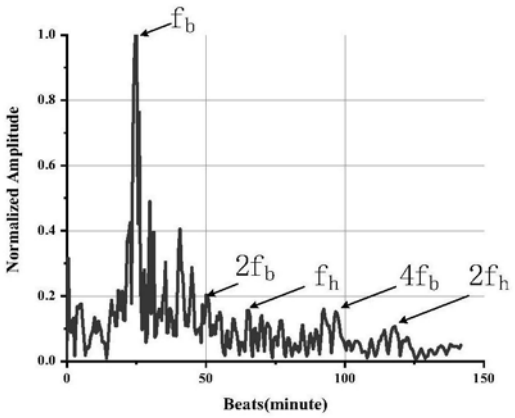

f_b
$2f_b$
f_h
$4f_b$
$2f_h$
Normalized Amplitude
Beats(minute)

图4

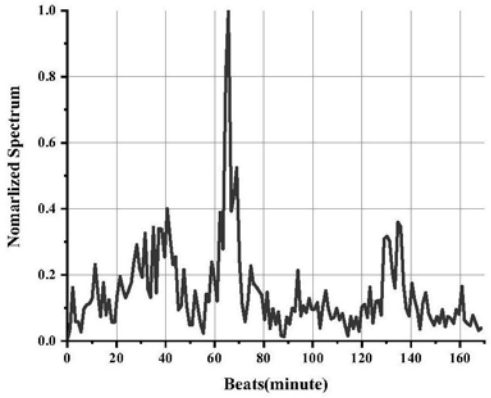

Nomarlized Spectrum
Beats(minute)

图5

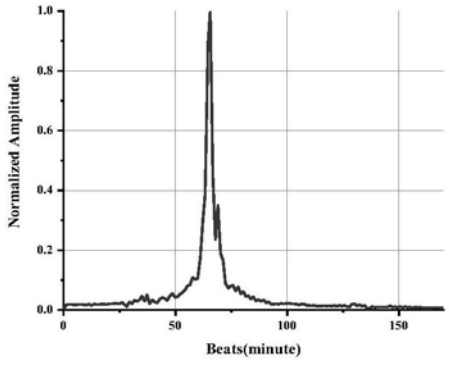
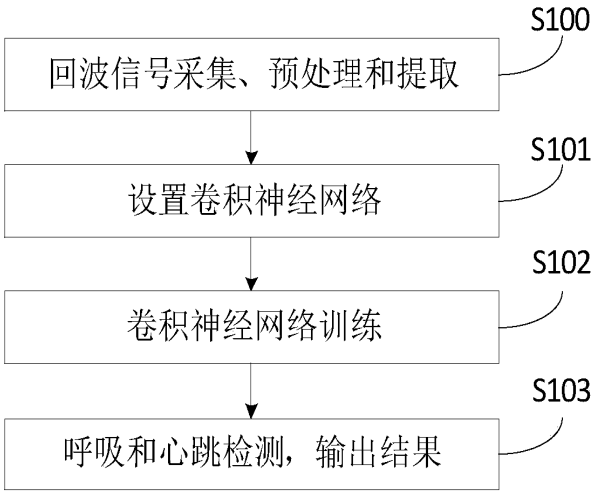

Normalized Amplitude
Beats(minute)

图6

专利名称(译)	基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置		
公开(公告)号	CN109965858A	公开(公告)日	2019-07-05
申请号	CN201910241638.7	申请日	2019-03-28
[标]申请(专利权)人(译)	北京邮电大学		
申请(专利权)人(译)	北京邮电大学		
当前申请(专利权)人(译)	北京邮电大学		
[标]发明人	李秀萍		
发明人	李秀萍 李剑菡 李昱冰		
IPC分类号	A61B5/0205 A61B5/024 A61B5/08 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0205 A61B5/024 A61B5/0816 A61B5/7207 A61B5/725 A61B5/7267		
代理人(译)	陈宙		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于超宽带雷达人体生命体征检测方法和装置，该方法包括步骤：通过超宽带雷达获取多个人体正常的呼吸和/或心跳的第一回波信号以及多个人体异常的呼吸和/或心跳的第二回波信号，并进行预处理和提取，分别得到正常检测序列和异常检测序列；设置卷积神经网络；基于正常检测序列和异常检测序列，对卷积神经网络进行训练；通过训练后的卷积神经网络对当前检测对象的呼吸和/或心跳进行检测，输出是否属于正常心跳的判别结果。该装置包括信号处理模块、卷积神经网络设置模块、训练模块和检测模块。该方法和装置，通过深度学习，提高了心跳频率的检测准确度，提升了对于正常心跳和异常心跳的判别能力，做到实时检测的较准确区分。