



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106805941 A

(43) 申请公布日 2017. 06. 09

(21) 申请号 201510871871. 5

(22) 申请日 2015. 12. 02

(71) 申请人 许亚夫

地址 110179 辽宁省沈阳市浑南新区绮霞街
8 号

(72) 发明人 许亚夫

(51) Int. Cl.

A61B 5/00(2006. 01)

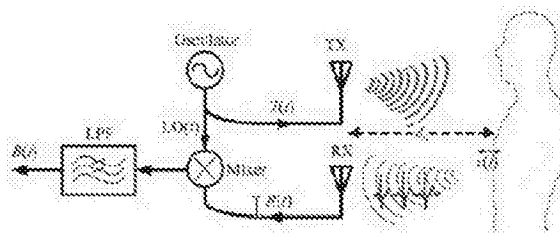
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种连续波生物雷达体征检测装置

(57) 摘要

一种连续波生物雷达体征检测装置能够为健康监护提供一种有效辅助手段。发明使用微波雷达技术研制人体生命体征检测装置。根据多普勒原理设计连续波雷达电路实现人体微动信号检测;采用短时傅里叶变换与插值算法实现人体心率和呼吸频率参数提取;引入嵌入式平台实现装置的小型化设计和集成;编制嵌入式信号处理软件实现实时的信号处理、记录和显示。通过利用模拟装置和人体进行实验研究与性能评测,结果表明:检测系统可有效检测单个静止人体目标的生命体征,工作距离范围达 90cm,心率识别率达 96%。



1. 一种连续波生物雷达体征检测装置,由雷达前端、ASP、ADC、信号处理单元、外围设备 etc 构成;连续波生物雷达在硬件上设计为一个独立的系统,体积大小为 $(12 \times 6 \times 17) \text{ cm}^3$,用户交互界面为触摸显示屏,下端非金属窗口用于天线收发,系统使用锂电池供电,一次充电续航时间可达 12h;连续波生物雷达向人体目标发射连续电磁波,同时接收人体体表反射的回波,通过回波信号的频率或相位的变化,提取和计算得到体表的微动信息;由于电磁波频率越高,在人体皮肤与空气界面上的反射越强,但同时在衣服被褥等障碍物上的反射也会增加,为了得到较高的检测精度,并减小杂波的功率,通常生物雷达选用 $(2.4 \sim 60) \text{ GHz}$ 的载频;在生理学方面,人体体表微动信息可反映人体的某些生理活动,如检测胸壁的振动可得到呼吸、心跳等心肺活动相关信息;正常人体的心搏运动能够引起的体表机械振动幅度为 0.6 mm 左右;由呼吸作用产生的幅度在 $(4 \sim 12) \text{ mm}$ 左右;如果使用 10 GHz 频段的生物雷达来检测胸壁运动,每 1 mm 的胸壁位移将会引起最大 25.2° 的相位偏移,因而理论上,虽然胸壁振动幅度很小,反映在雷达基带的相位偏移量在载频足够高时仍然能够被分辨出来。

2. 根据权利要求 1 所述的连续波生物雷达体征检测装置,其特征是所述的雷达前端使用等幅正弦波发射,零中频接收机结构,雷达载波工作频段为 10 GHz 。

3. 根据权利要求 1 所述的连续波生物雷达体征检测装置,其特征是所述的收发所用天线为微带天线,以节省体积。

4. 根据权利要求 1 所述的连续波生物雷达体征检测装置,其特征是所述的模拟信号处理电路(ASP)实现信号的放大滤波和电平搬移,模拟滤波器使用 0.1 Hz 的下限截止频率以抑制直流偏移和低频噪声,使用 100 Hz 的上限截止频率防止信号发生采样混叠。

一种连续波生物雷达体征检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测装置,尤其涉及一种连续波生物雷达体征检测装置。

背景技术

[0002] 作为一种新兴的生理信号检测方式,微波生物雷达可以检测人体心肺活动等生命体征信号。与传统的心电、脉搏等相比,它不仅是非接触式的,而且具有良好的穿透性,能够穿透衣服和被褥等障碍物进行检测,这些优势使得微波生物雷达技术在医疗诊断、健康监护、灾难救援等领域具有应用潜力。

[0003] 目前,应用微波生物雷达技术的非接触式生命体征检测已有相关理论研究;生物雷达收发机电路已有集成化设计的报道;更多的研究正投入到雷达回波信号处理、人体运动或生理信息提取,以及如何使生物雷达系统小型化等方面。面向医疗诊断、家庭健康监护等应用场合,微波生物雷达需要具有实用性强、便携性好、成本低等特点。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了开发实用性好、便携性好、成本低的非接触体征检测装置,设计了一种连续波生物雷达体征检测装置。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

连续波生物雷达体征检测装置由雷达前端、ASP、ADC、信号处理单元、外围设备等部分构成。连续波生物雷达在硬件上设计为一个独立的系统,体积大小为 $(12 \times 6 \times 17) \text{ cm}^3$,用户交互界面为触摸显示屏,下端非金属窗口用于天线收发,系统使用锂电池供电,一次充电续航时间可达12h。连续波生物雷达向人体目标发射连续电磁波,同时接收人体体表反射的回波,通过回波信号的频率或相位的变化,提取和计算得到体表的微动信息。由于电磁波频率越高,在人体皮肤与空气界面上的反射越强,但同时在衣服被褥等障碍物上的反射也会增加,为了得到较高的检测精度,并减小杂波的功率,通常生物雷达选用 $(2.4 \sim 60) \text{ GHz}$ 的载频。在生理学方面,人体体表微动信息可反映人体的某些生理活动,如检测胸壁的振动可得到呼吸、心跳等心肺活动相关信息。正常人体的心搏运动能够引起的体表机械振动幅度为 0.6 mm 左右;由呼吸作用产生的幅度在 $(4 \sim 12) \text{ mm}$ 左右。如果使用 10 GHz 频段的生物雷达来检测胸壁运动,每 1 mm 的胸壁位移将会引起最大 25.2° 的相位偏移,因而理论上,虽然胸壁振动幅度很小,反映在雷达基带的相位偏移量在载频足够高时仍然能够被分辨出来。

[0006] 所述的雷达前端使用等幅正弦波发射,零中频接收机结构,雷达载波工作频段为 10 GHz 。

[0007] 所述的收发所用天线为微带天线,以节省体积。

[0008] 所述的模拟信号处理电路(ASP)实现信号的放大滤波和电平搬移,模拟滤波器使用 0.1 Hz 的下限截止频率以抑制直流偏移和低频噪声,使用 100 Hz 的上限截止频率防止信号发生采样混叠。

[0009] 所述的模数转换使用 16 bit 高精度ADC。

[0010] 所述的信号处理单元为嵌入式平台,用于数字信号处理和调控各级联单元的工作;同时信号处理单元与多种外围设备相连,一方面实现生命体征结果的输出,包括显示、报警、存储数据、与计算机通信等;另一方面实现用户的控制信号输入,包括控制系统的运行,设置系统各种参数等功能。

[0011] 本发明的有益效果是:

本文提出一种使用连续波生物雷达技术的生命体征检测方法,所设计的检测装置集成了微波雷达电路,模拟信号处理电路,ADC,嵌入式信号处理电路及外围设备,并对检测装置进行了集成化设计,使之成为电池供电的手持式设备。检测装置能够对 90 cm 范围内的目标微弱运动进行非接触式的实时监测。使用单个静止人体目标实验时,在 30 cm 的距离上与脉搏传感器相比,识别正确率为 96.1%。另外,该系统提高了生物雷达的便携性和使用便利性,为进一步的实验研究,以及面向呼吸障碍疾病诊断、睡眠监测、婴儿检测等应用的研究打下基础。

附图说明

[0012] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0013] 图 1 是连续波生物雷达前端电路原理图。

[0014] 图 2 是系统原理框图。

具体实施方式

[0015] 如图 1 所示,微波生物雷达提供了一种非接触式的,具有一定穿透能力的检测生物体运动信息的手段。其中,连续波雷达利用电磁波的多普勒效应检测目标的位移、速度等运动信息,结构简单,接收信号易处理。连续波生物雷达向人体目标发射连续电磁波,同时接收人体体表反射的回波,通过回波信号的频率或相位的变化,提取和计算得到体表的微动信息。由于电磁波频率越高,在人体皮肤与空气界面上的反射越强,但同时在衣服被褥等障碍物上的反射也会增加,为了得到较高的检测精度,并减小杂波的功率,通常生物雷达选用 (2.4 ~ 60)GHz 的载频。在生理学方面,人体体表微动信息可反映人体的某些生理活动,如检测胸壁的振动可得到呼吸、心跳等心肺活动相关信息。正常人体的心搏运动能够引起的体表机械振动幅度为 0.6 mm 左右;由呼吸作用产生的幅度在 (4~12)mm 左右。如果使用 10GHz 频段的生物雷达来检测胸壁运动,每 1 mm 的胸壁位移将会引起最大 25.2° 的相位偏移,因而理论上,虽然胸壁振动幅度很小,反映在雷达基带的相位偏移量在载频足够高时仍然能够被分辨出来。连续波生物雷达的前端射频电路通常采用直接变频结构,包括收发天线、匹配电路、振荡器、混频器、射频和模拟滤波器等。图 1 描述了连续波生物雷达射频前端原理图。假设人体目标在距离收发天线 d_0 处产生周期运动 $x(t)$,振荡器产生的正弦信号作为雷达发射信号 $T(t)$,并同时提供给接收通路作为本振信号 $L_0(t)$,发射信号传播 $2d(t)$ 的距离后变为接收信号 $R(t)$ 。接收信号在雷达接收机中与 $L_0(t)$ 信号混频并经过低通滤波得到基带信号输出 $B(t)$ 。在单路接收机结构中,总相位偏移为 $\pi/2$ 的整倍数时具有最高的相位解调精度,且当 $x(t)$ 的幅度变化较小时可利用小角近似条件, $B(t)$ 近似的正比于 $4\pi x(t)/\lambda$ 。本文中生物雷达生命体征的提取更关注信号的周期性信息,对波形的失真要求较低,因此直接进行有用信号的提取即可满足算法的需要。

[0016] 如图 2 所示,连续波生物雷达体征检测装置由雷达前端、ASP、ADC、信号处理单元、外围设备等部分构成。连续波生物雷达在硬件上设计为一个独立的系统,体积大小为 $(12 \times 6 \times 17) \text{ cm}^3$,用户交互界面为触摸显示屏,下端非金属窗口用于天线收发,系统使用锂电池供电,一次充电续航时间可达 12h。本文的心率 / 呼吸频率检测方法流程如下:首先,检测算法对雷达接收机得到的预处理和量化后的原始信号进行带通滤波和降采样。带通滤波的目的是将呼吸与心跳信号分离,同时对于降采样有抗混叠作用。呼吸和心跳信号带通截止频率分别设计为 $(0.1 \sim 0.75) \text{ Hz}$ 和 $(0.75 \sim 10) \text{ Hz}$ 。滤波后进行降采样有助于减小算法的计算量。在此之后是进行频谱变换,考虑到对心肺活动变化规律检测的需求,本文采用时频分析的方法从连续波生物雷达信号中提取心肺活动信息,通过短时傅里叶变换 (STFT) 得到雷达基带信号的时频信息。STFT 使用窗函数来截取信号做傅里叶分析,然后沿着信号时间方向移动窗函数,得到频率随时间的变化关系。使用 STFT 方法进行信号处理的关键问题是要选择长度合理的窗函数,折中考虑频率分辨率与时间分辨率,以满足实际的需要。当窗口长度过小时,心率的识别结果随时间的变化剧烈,存在较大的截断噪声 (Truncation noise),此时频率分辨率低,影响识别结果的准确率;当窗口长度过大时会造成更长的算法处理延迟,时间分辨率低,并增加计算量。通过实验,对于心跳信号,窗口长度在 10 s 左右较为理想。STFT 是基于 DFT 的谱分析,可利用 FFT 实现快速运算,因而特别适合于实时信号处理。频谱变换得到的频率分辨率只取决于窗函数内信号的时间长度,为保证检测算法的延时较小,所取用的信号时间长度不能过长从而限制了频率分辨率。因此本文使用 STFT 进行频率估计实现频率的粗测,在此之后采用插值方法提高估计精度。文使用 1000 点的频谱插值运算,在心跳和呼吸频段分别进行寻峰,可得到的心率结果计算分辨率为 0.005 Hz ,即 0.3 bpm (beat per minute)。最后,寻找频谱峰值并对结果进行平滑处理,计算出心率与呼吸频率。实际的信号中存在情况复杂的杂波干扰,每次插值后获得的心率和呼吸频段的频谱峰值可能因为强的杂波而发生突变。为避免这类强噪声引起识别错误,引入频谱峰值跟踪机制。认为人体目标的心率和呼吸频率不会突变,据此设定跟踪范围,并实时修正;同时对于识别结果中突发性的、突变程度超过设定的阈值的、突变频率点超过所设定的跟踪范围的点可以认为是强干扰信号,对这种强干扰信号做剔除处理。

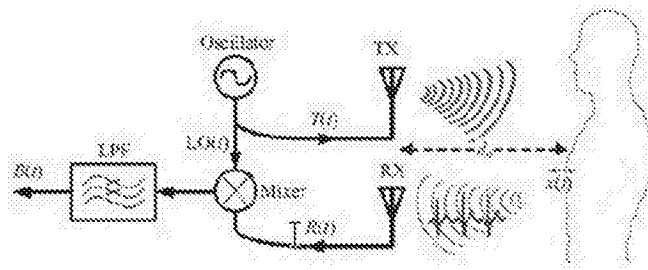


图 1

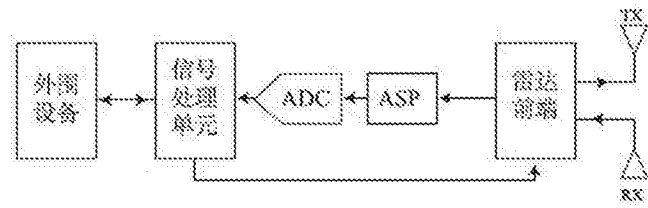


图 2

专利名称(译)	一种连续波生物雷达体征检测装置		
公开(公告)号	CN106805941A	公开(公告)日	2017-06-09
申请号	CN201510871871.5	申请日	2015-12-02
[标]申请(专利权)人(译)	许亚夫		
申请(专利权)人(译)	许亚夫		
当前申请(专利权)人(译)	许亚夫		
[标]发明人	许亚夫		
发明人	许亚夫		
IPC分类号	A61B5/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种连续波生物雷达体征检测装置能够为健康监护提供一种有效辅助手段。发明使用微波雷达技术研制人体生命体征检测装置。根据多普勒原理设计连续波雷达电路实现人体微动信号检测；采用短时傅里叶变换与插值算法实现人体心率和呼吸频率参数提取；引入嵌入式平台实现装置的小型化设计和集成；编制嵌入式信号处理软件实现实时的信号处理、记录和显示。通过利用模拟装置和人体进行实验研究与性能评测，结果表明：检测系统可有效检测单个静止人体目标的生命体征，工作距离范围达90cm，心率识别率达96%。

