



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105738862 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(21)申请号 201610040965.2

(22)申请日 2016.01.21

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 史治国 张志浩 陈积明 程鹏
孙优贤

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 邱启旺

(51)Int.Cl.

G01S 3/22(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,该方法首先通过接收机接收来自发射机预编码后的信号波形;其次将接收到的信号分割成一段段信号,对每段信号进行短时傅里叶变换得到变换矩阵,并计算变换矩阵的方差向量;然后对方差向量进行分割,分离出有用信号;最后采用动态时间规整算法计算分离出的信号与不同的运动朝向标准信号波形的相似度,并判断此时的隔墙人体运动朝向。本发明利用动态时间规整算法,实现了隔墙人体运动朝向的识别与检测,可以识别多种不同的运动朝向。

1.一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤1,在墙的一侧布置第一发射机、第二发射机和接收机;首先第一发射机发送原始信号,接收机接收信号后,第二发射机发送同样的原始信号,接收机接收信号;然后通过两次接收的信号计算第二发射机的预编码信号;最后两台发射机同时发射信号,第一发射机发送原始信号,第二发射机发送预编码信号;

步骤2,接收机接收到两台发射机同时发送的叠加后的信号,并对接收到的信号按时间进行均匀分割;

步骤3,对步骤2分割的每段信号进行短时傅里叶变换,得到一个短时傅里叶变换矩阵 $A_{m \times n}$, m 代表傅里叶变换(FFT)的频率点个数, n 是根据窗函数大小以及重叠数计算得到的每段信号的时间点个数,矩阵中的元素 A_{ij} 表示在 i 频率, j 时间点的短时傅里叶变换值;

步骤4,对步骤3得到的短时傅里叶变换矩阵 $A_{m \times n}$ 进行方差统计,即计算每个时间点上所有频率点对应的短时傅里叶变换值的方差 v_j ,最终得到这段信号所有时间点上的方差向量 $v_{1 \times n}$;

步骤5,对方差向量 $v_{1 \times n}$ 进行分割,具体采用阈值滤波器进行滤波,阈值选择为方差向量 $v_{1 \times n}$ 的平均值 $level$;

$$v_j = \begin{cases} level, & v_j < level \\ v_j, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

步骤6,对滤波后的方差向量波形信号减去阈值滤波器的阈值,分离出有用的信号波形;

步骤7,分别根据步骤1-6得到隔墙人体不同运动朝向的分离后的信号波形,每个运动朝向训练多次,采用动态时间规整算法计算同一运动朝向的任意两个分离后的信号波形的相似度 $similarity_i$,比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度 $\max(similarity)$ 所对应的分离波形作为该运动朝向的标准信号波形;

步骤8,在进行隔墙人体运动朝向检测时,根据步骤1-6得到分离后的有用信号波形,并采用动态时间规整算法分别与步骤7得到的隔墙不同运动朝向的标准信号波形计算相似度 $similarity_i$,比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度所对应的标准信号波形的运动朝向作为此时此刻的隔墙人体运动朝向,对步骤2分割的每段信号重复该步骤,从而给出每个时间段的隔墙人体运动朝向。

基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隔墙人体运动朝向检测方法,更具体地说是一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法。

背景技术

[0002] 一般视距内的人体检测,可以使用诸如红外、摄像机等光电设备来进行检测。这些技术常见于艺术馆和银行的入侵检测中。但是这些技术有很大的局限性,无法胜任对于石木质、混凝土等非透明介质墙体(或遮蔽物)后方物体的检测,所以采用的检测技术需具有透视效果。目前具有透视效果的检测技术常见有基于X射线和超声波回波等方式,可是这几种透视技术都不能很好地适应目前对于穿墙人体检测的需求。X射线属于高能量射线,虽然能够穿透墙体,但是对人体有很大的伤害;而超声波回波对分层的介质有比较大的衰减。综上所述,采用对墙体有良好穿透性、对人体伤害可以忽略不计的特定频率电磁波作为隔墙人体运动检测的发射信号具有很好的可行性。电磁波作为发射信号,可穿透木门、混凝土墙等非金属介质,实现对墙后运动目标的探测。

[0003] 在防暴和紧急救援等特殊行动中,能否有效探测出房间内或墙壁后的人体运动信息将对作战和救援产生重大的影响,可以大幅度地减少伤亡人数。因此,能够对墙壁、木门等非金属、透明介质后方物体的检测技术受到了越来越多的关注。

[0004] 传统的穿墙超宽带雷达虽然能够实现隔墙人体运动的检测,但是其占用大量的带宽,发射功率大,且有非常大的天线阵列。而占用带宽小,发射功率低、体积较小的无线通信设备来实现隔墙人体运动检测具有非常大的挑战性,要在强噪声下实现弱目标的检测。目前关于这种便携式设备实现的隔墙人体运动检测方法和隔墙人体运动朝向检测的技术有待深入研究与探讨。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提出一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,能够有效地检测出隔墙人体运动的朝向。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,该方法包括以下步骤:

[0007] 步骤1,在墙的一侧布置第一发射机、第二发射机和接收机;首先第一发射机发送原始信号,接收机接收信号后,第二发射机发送同样的原始信号,接收机接收信号;然后通过两次接收的信号计算第二发射机的预编码信号;最后两台发射机同时发射信号,第一发射机发送原始信号,第二发射机发送预编码信号;

[0008] 步骤2,接收机接收到两台发射机同时发送的叠加后的信号,并对接收到的信号按时间进行均匀分割;

[0009] 步骤3,对步骤2分割的每段信号进行短时傅里叶变换,得到一个短时傅里叶变换矩阵 $A_{m \times n}$, m 代表傅里叶变换(FFT)的频率点个数, n 是根据窗函数大小以及重叠数计算得到

的每段信号的时间点个数,矩阵中的元素 A_{ij} 表示在 i 频率, j 时间点的短时傅里叶变换值;

[0010] 步骤4,对步骤3得到的短时傅里叶变换矩阵 $A_{m \times n}$ 进行方差统计,即计算每个时间点上所有频率点对应的短时傅里叶变换值的方差 v_j ,最终得到这段信号所有时间点上的方差向量 $v_{1 \times n}$;

[0011] 步骤5,对方差向量 $v_{1 \times n}$ 进行分割,具体采用阈值滤波器进行滤波,阈值选择为方差向量 $v_{1 \times n}$ 的平均值 $level$;

$$[0012] \quad v_j = \begin{cases} level, & v_j < level \\ v_j, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

[0013] 步骤6,对滤波后的方差向量波形信号减去阈值滤波器的阈值,分离出有用的信号波形;

[0014] 步骤7,分别根据步骤1-6得到隔墙人体不同运动朝向的分离后的信号波形,每个运动朝向训练多次,采用动态时间规整算法计算同一运动朝向的任意两个分离后的信号波形的相似度 $similarity_i$,比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度 $\max(similarity)$ 所对应的分离波形作为该运动朝向的标准信号波形;

[0015] 步骤8,在进行隔墙人体运动朝向检测时,根据步骤1-6得到分离后的有用信号波形,并采用动态时间规整算法分别与步骤7得到的隔墙不同运动朝向的标准信号波形计算相似度 $similarity_i$,比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度所对应的标准信号波形的运动朝向作为此时此刻的隔墙人体运动朝向,对步骤2分割的每段信号重复该步骤,从而给出每个时间段的隔墙人体运动朝向。本发明所述的基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,可以检测出多种不同的隔墙人体运动朝向。与现有技术相比,本发明具有如下优势:

[0016] 1.采用动态时间规整计算信号波形的相似度,相比其他一些计算相似度的方法(比如欧几里得距离、余弦相似度、Jaccard系数等)相比,具有不受波形长度、幅度的限制,只关心波形的相似性;

[0017] 2.可以实现实时检测,根据接收到的信号进行相应的信号处理,并实时给出检测出的运动朝向的结果;

[0018] 3.可以适应不同的环境以及不同的人体运动,而不用事先针对环境进行相应的改变;

[0019] 4.检测盲区小,在有效的检测区域都可以实现检测。

附图说明

[0020] 图1是发射机和接收机的流程图;

[0021] 图2是基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测的信号处理流程图;

[0022] 图3是平行于墙体运动的标准信号波形;

[0023] 图4是垂直于墙体运动的标准信号波形。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0025] 本发明给出了一种基于动态时间规整的隔墙人体运动朝向检测方法,信号的发送和接收过程如图1所示,所用到的是两台发射机和一台接收机。首先,第一发射机发送信号,接收机接收到信号;其次第二发射机发送与第一发射机同样的信号,接收机接收到信号;然后根据两次接收到的信号,计算出预编码后的信号;最后让两台发射机同时发送信号,接收机接收信号。这里第一发射机还是发送原来的信号,而第二发射机则是发送刚刚计算出来的预编码后的信号。

[0026] 在上述信号发送与接收的基础上,本发明所述的检测方法,如图2所示,包括以下步骤:

[0027] 步骤1,首先让接收机和两台发射机放在墙的一侧运行一段时间,接收机将接收到来自墙后以及墙这边的多种反射信号叠加的信号;

[0028] 步骤2,对接收到的信号按时间进行均匀分割,将其分割成一段段的小信号,这里具体分割成1s的信号数据

[0029] 步骤3,对分割后的每段小信号进行短时傅里叶变换(STFT) $STFT(t, \omega) = \int s(t') \omega(t'-t) e^{-j\omega t'} dt'$,得到一个短时傅里叶变换矩阵 $A_{m \times n}$,该矩阵的行数 m 代表了使用多少点的傅里叶变换(FFT),即有多少个频率点;而矩阵的列数 n 则是根据窗函数大小以及重叠数计算得到的每段小信号的时间点个数。所以该变换矩阵不仅与频率有关,而且与时间也有关,矩阵中的元素 A_{ij} 表示在 i 频率, j 时间点的短时傅里叶变换值;

[0030] 步骤4,由于隔墙静止与隔墙人体运动的短时傅里叶变换存在显著的区别,采用方差统计的方法来分析短时傅里叶变换的变化趋势。具体是对每列进行方差统计,即计算每个时间点上所有频率点对应的短时傅里叶变换值的方差 v_j ,它反映了在当前时刻在所有频率点上的波动情况。计算完每列的方差后可以得到这段信号所有时间点上的方差向量 $v_{1 \times n}$;

[0031] 步骤5,对方差向量 $v_{1 \times n}$ 进行分割,具体采用公式(1)所示的阈值滤波器进行滤波,一般阈值选择为方差向量的平均值 $level$;

$$[0032] \quad v_j = \begin{cases} level, & v_j < level \\ v_j, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

[0033] 步骤6,对滤波后的方差向量波形信号统一减去阈值滤波器的阈值,分离出有用的信号波形;

[0034] 步骤7,分别根据步骤1-6得到隔墙人体不同运动朝向的分离后的信号波形,每个运动朝向训练多次,采用动态时间规整算法计算同一运动朝向的任意两个分离后的信号波形的相似度 $similarity_i$,比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度 $\max(similarity)$ 所对应的分离波形作为该运动朝向的标准信号波形;

[0035] 步骤8,在进行隔墙人体运动朝向检测时,根据步骤1-6得到分离后的有用信号波形 S_{seg} ,采用动态时间规整算法分别计算与不同的运动朝向标准信号波形 Std_i 的相似度 $similarity_i$,具体操作如下,为了匹配两个波形序列,定义公式(2)所示的一个匹配路径 W ,其中 m 、 n 分别为 S_{seg} 和 Std_i 的长度, w_j 包含 S_{seg} 和 Std_i 的索引,通过公式(3)计算分割信号与标准信号的最小路径距离 $DTW(S_{seg}, Std_i)$ 。比较计算得到的多个相似度,选取最大相似度 $\max(similarity)$ 所对应的运动朝向作为此时刻隔墙人体运动的朝向;

$$[0036] \quad W = w_1, w_2, \dots, w_K \quad \max(m, n) \leq K \leq m+n-1 \quad (2)$$

$$[0037] \quad DTW(S_{seg}, Std_i) = \min \left\{ \sqrt{\sum_{k=1}^K w_k} / K \right\} \quad (3)$$

[0038] 本发明所述检测方法采取的技术方案是：预先提取不同隔墙人体运动朝向的标准信号波形，其次将接收到的信号分割成一段段信号，对每段信号进行短时傅里叶变换得到变换矩阵，并计算变换矩阵的方差向量；然后对方差向量进行分割，分离出有用信号，最后采用动态时间规整算法计算分离波形与提取的标准信号波形的相似度，选取最大相似度所对应的朝向作为此时此刻的运动朝向。

[0039] 本发明中的标准信号波形是事先多次进行不同隔墙人体运动朝向实验得出的，该标准信号波形具有一般性、可靠性，可以适应不同的环境以及不同的人体运动。

[0040] 本发明采用带宽小、发射功率低的发射机即可实现隔墙人体运动朝向检测，并可保证检测精度。相比于传统穿墙超宽带雷达那样占用大量的带宽、高发射功率及非常大的天线阵列，本发明具有显著优势。

[0041] 实施例

[0042] 将两台发射机和一台接收机布置在墙的一侧，运动人体在墙的另一侧随意地行走。两台发射机和接收机在同一水平面上等距排列，且与墙面距离相等。实验的墙体为25cm厚的混凝土墙，其衰减为20dB。发射机的带宽为1MHz，发射功率为100mW，发射频率为2.4GHz，包含3个定向天线。运动人体在墙的另一侧行走，主要是两种典型的朝向运动，1)平行于墙面行走和2)垂直墙面行走。

[0043] 图3和图4展示了人体平行于墙体运动和垂直于墙体运动的标准信号波形，从图中可以看出两种运动朝向的标准信号波形有非常明显的区别。实际实验接收到的信号波形经一系列的信号处理后，与这两种标准信号波形相匹配，可以准确可靠地确定当前时刻的隔墙人体运动朝向。

[0044] 根据本发明方法，对隔墙人体运动朝向的检测率可达90%，相对于传统穿墙超宽带雷达占用大量的带宽、高发射功率，本发明方法在窄带宽和低发射功率的条件下也具有较高的检测精度。

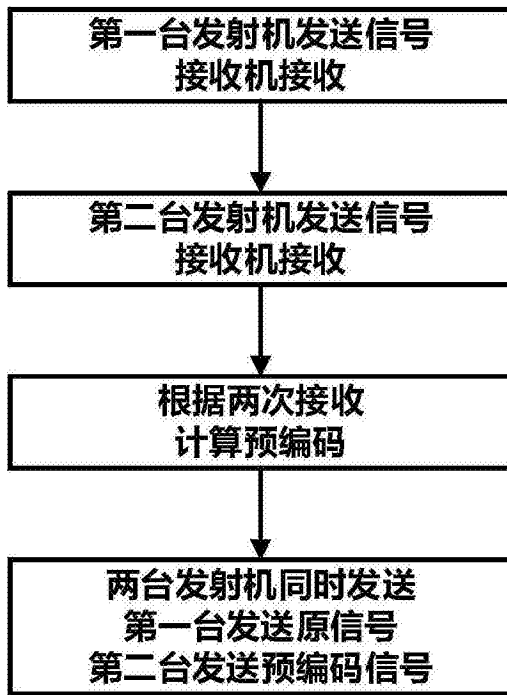


图1

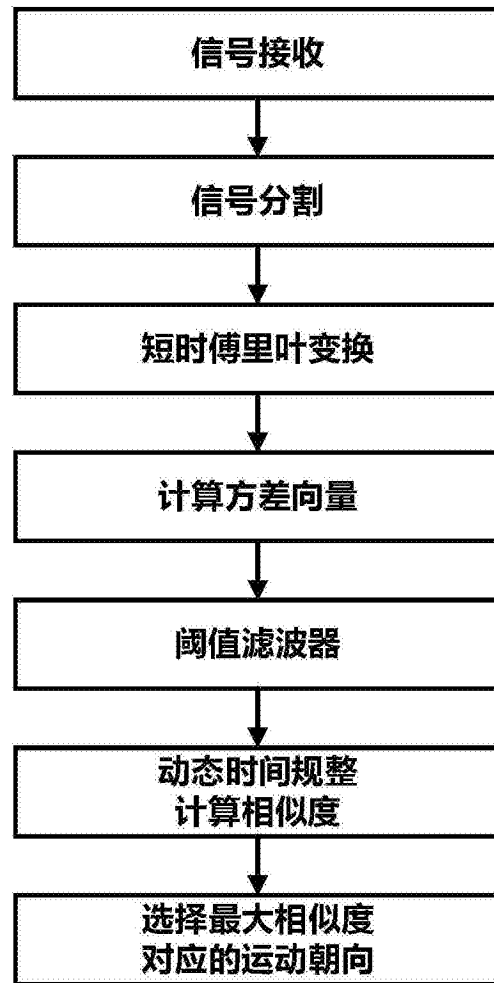


图2

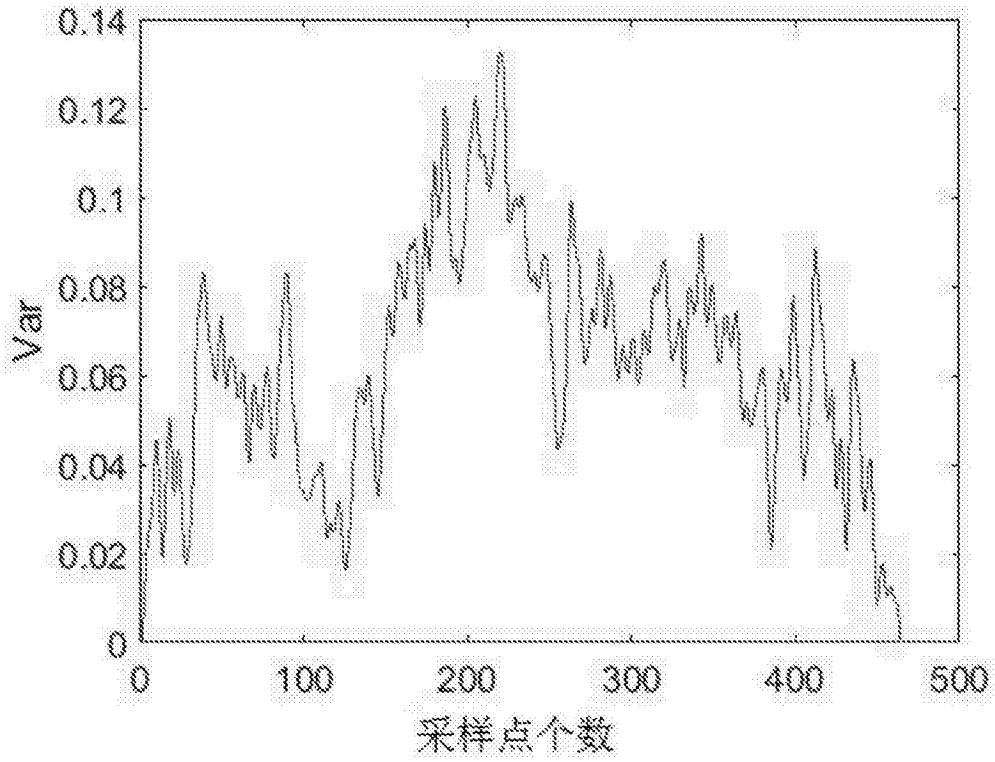


图3

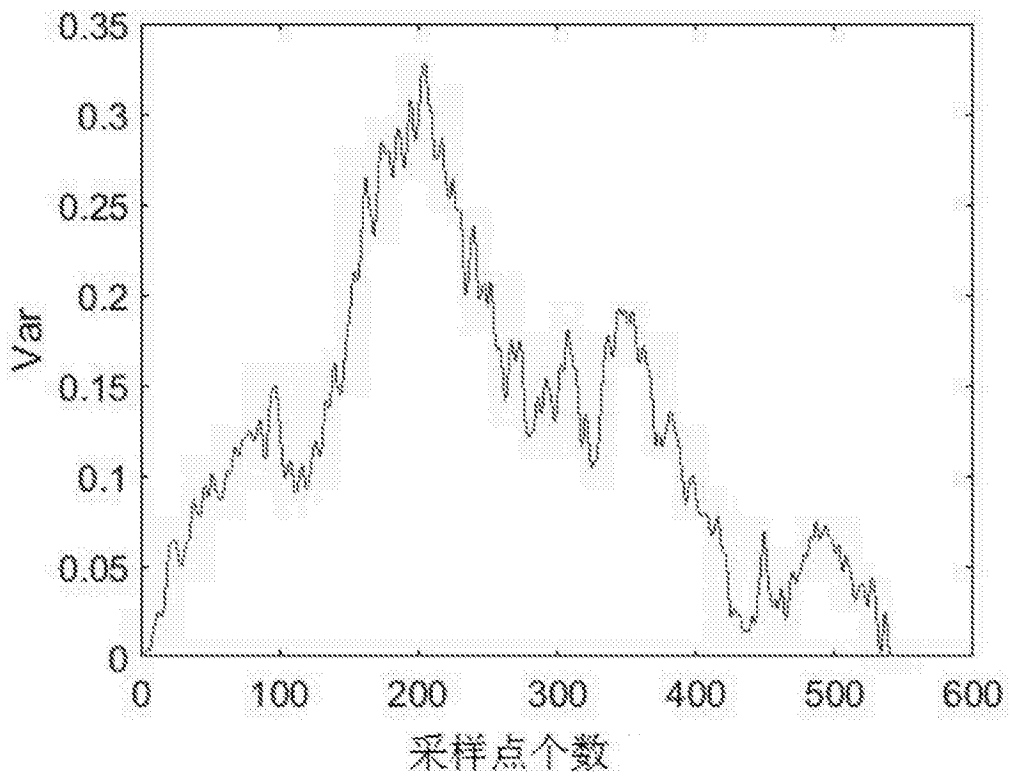


图4