

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 2 月 1 日 (01.02.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/021379 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06V 10/764 (2022.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/133189
- (22) 国际申请日: 2022 年 11 月 21 日 (21.11.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210904762.9 2022年7月29日 (29.07.2022) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 陈艳姣 (CHEN, Yanjiao); 中国浙江省杭州市西湖区求是村 10 幢 312 房间, Zhejiang 430072 (CN)。徐文渊 (XU, Wenyan); 中国浙江省杭州市西湖区求是村 10 幢 312 房间, Zhejiang 430072 (CN)。邓江毅 (DENG, Jiangyi); 中国浙江省杭州市西湖区求是村 10 幢 312 房间, Zhejiang 430072 (CN)。薛梦 (XUE, Meng); 中国浙江省杭州市西

湖区求是村 10 幢 312 房间, Zhejiang 430072 (CN)。
白怡杰 (BAI, Yijie); 中国浙江省杭州市西湖区求是村 10 幢 312 房间, Zhejiang 430072 (CN)。

(74) 代理人: 北京睿智保诚专利代理事务所 (普通合伙) (RZBC PATENT AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国北京市丰台区广安路 9 号院国投财富广场 3 号楼 308, Beijing 100071 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: WIRELESS SIGNAL TECHNOLOGY-BASED DIAPER HUMIDITY MEASUREMENT METHOD

(54) 发明名称: 一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法

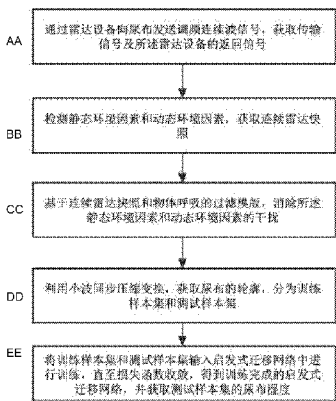


图 1

- AA Send to a diaper a frequency-modulated continuous wave signal by means of a radar device, and acquire a transmission signal and a return signal of the radar device
- BB Test a static environment factor and a dynamic environment factor, and acquire continuous radar snapshots
- CC On the basis of the continuous radar snapshots and a filtering template for object breathing, eliminate the interference of the static environmental factor and of the dynamic environment factor
- DD Use wavelet synchrosqueezed transformation to acquire the contour of the diaper, and divide same into a training sample set and a test sample set
- EE Input the training sample set and the test sample set into a heuristic migration network for training until a loss function converges, so as to obtain a trained heuristic migration network, and acquire the diaper humidity of the test sample set

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of intelligent health monitoring. Disclosed is a wireless signal technology-based diaper humidity measurement method, comprising: sending to a diaper a frequency-modulated continuous wave signal by means of a radar device, and acquiring a transmission signal $S_T(t)$ and a return signal $S_R(t)$; testing a static environment factor and a dynamic environment factor, and acquiring continuous radar snapshots; on the basis of the continuous radar snapshots and a filtering template for object breathing, eliminating the interference of the environment factors; using wavelet synchrosqueezed transformation to acquire the contour of the diaper, and dividing same into a training sample set and a test sample set; and inputting the training sample set and the test sample set into a heuristic migration network for training until a loss function converges, so as to obtain a trained heuristic migration network, and acquiring the diaper humidity of the test sample set. The technical solution of the present invention can effectively extract the representations of wet diapers from radio frequency signals, eliminate external movement and static interference, and solve the problem of adapting to new members of new families by means of the heuristic migration network.

NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法, 涉及智能健康检测技术领域, 包括: 通过雷达设备向尿布发送调频连续波信号, 获取传输信号 $S_T(t)$ 及返回信号 $S_R(t)$; 检测静态环境因素和动态环境因素, 获取连续雷达快照; 基于连续雷达快照和物体呼吸的过滤模板, 消除环境因素的干扰; 利用小波同步压缩变换, 获取尿布的轮廓, 分为训练样本集和测试样本集; 将训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练, 直至损失函数收敛, 得到训练完成的启发式迁移网络, 并获取测试样本集的尿布湿度。本发明中的技术方案能够有效的从射频信号中提取湿尿布的表示, 消除外部的移动和静态干扰, 通过启发式迁移网络解决适应新家庭中的新人的问题。

一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法

技术领域

本发明涉及智能健康检测技术领域，更具体的说是涉及一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法。

背景技术

现有的尿布湿度检测方法包括：使用视觉辅助设备作为湿度指示器，将蓝牙传感器设置在尿布上；在尿布上安装RFID标签。以上关于尿布湿度的检测方案实际上是对尿布的主动检查或者在尿布上安装特定的传感器，给用户带来了许多负担。因此，如何在不安装任何传感器的基础上对尿布湿度进行检测是本领域技术人员一直研究的问题。

无线射频是一种非接触式的自动识别技术，射频技术相对于传统的磁卡及IC卡技术具有非接触、阅读速度快、无磨损等特点。无线射频技术在阅读器和射频卡之间进行非接触双向数据传输，以达到目标识别和数据交换的目的。与传统的条形码、磁卡及IC卡相比，射频卡具有非接触、阅读速度快、不受环境影响、寿命长、便于使用的特点，同时还具有防冲突功能，能同时处理多张卡片。

为了实现一个被动的、舒适的、无处不在的、基于射频的尿片湿度检测方案，还面临着一些问题：1.如何从射频信号中提取湿尿布的表示；2.如何消除外部的移动和静态干扰；3.如何使该方案适应新家庭中的新用户，以上问题是本领域技术人员亟需解决的技术问题。

发明内容

有鉴于此，本发明提供了一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，可以有效的从射频信号中提取湿尿布的表示，消除外部的移动和静态干扰，通过启发式迁移网络训练出优秀的模型检测尿布湿度，可以很好的适应新家庭中的新用户。

为了实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，包括以下步骤：

通过雷达设备向尿布发送调频连续波信号，获取传输信号 $S_T(t)$ 及所述雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ ；

基于所述传输信号 $S_T(t)$ 及返回信号 $S_R(t)$ ，检测静态环境因素和动态环境因素，获取连续雷达快照；

基于所述连续雷达快照和物体呼吸的过滤模板，消除所述静态环境因素和动态环境因素的干扰；

利用小波同步压缩变换，获取尿布的轮廓，分为训练样本集和测试样本集；

将所述训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练，直至损失函数收敛，得到训练完成的启发式迁移网络，并获取所述测试样本集的尿布湿度。

可选的，所述传输信号 $S_T(t)$ 及所述雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ 的表达式为：

$$S_T(t) = \cos\left(\int_0^t f(t') dt'\right) = \cos\left(2\pi\left(f_c t + \frac{B_s t^2}{2T_s}\right)\right);$$

$$S_R(t) = S_T(t - \tau) = \cos\left(2\pi\left(f_c(t - \tau) + \frac{B_s(t - \tau)^2}{2T_s}\right)\right);$$

其中， f_c 表示起始频率； B_s 表示扫描宽带； T_s 表示扫描时间； τ 表示发射信号的反射时延，并忽略了振幅的衰减。

可选的, 所述获取连续雷达快照, 包括以下步骤:

将所述传输信号 $S_T(t)$ 和返回信号 $S_R(t)$ 相乘并过滤频率最高的部分, 获得信号 $S_{M1}(t)$;

$$S_{M1}(t) = \cos\left(2\pi\left(f_c\tau - \frac{B_s(\tau^2 - 2t\tau)}{2T_s}\right)\right);$$

通过距离维快速傅里叶变换检测静态环境因素, 获取信号 $S_{M2}(t)$;

$$S_{M2}(t) = \text{rangeFFT}(S_{M1}(t));$$

通过多普勒-快速傅里叶变换检测静态环境因素和动态环境因素, 获取连续雷达快照 $CRS(t)$;

$$CRS(t) = \text{dopplerFFT}(S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64}));$$

其中, $S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64})$ 表示 S_{M2} 的时间序列。

可选的, 消除所述静态环境因素和动态环境因素的干扰, 具体为:

由于多径干扰复杂且难以建模, 因此采用背景噪声消除的方法, 通过收集一个空床上的 CRS_0 过滤模板与所述连续雷达快照信号点积, 过滤多路径干扰:

$$CRS' = CRS * CRS_0;$$

由于尿布总是穿在身上, 个人的呼吸也会包含在 CRS 中, 因此可通过收集用户不穿尿布躺在床上的 CRS_b 过滤模板与所述连续雷达快照信号做点积, 对噪音及所述静态环境因素和动态环境的干扰进行过滤:

$$CRS'' = CRS' * CRS_b;$$

其中, CRS_0 是空床的 CRS , CRS_b 为用户不穿尿布躺在床上的 CRS 。

可选的, 所述获取尿布的轮廓, 包括以下步骤:

采用小波同步压缩变换, 消除尿布时频图上的涂抹现象, 获取尿布轮廓的第一表示;

$$Wsst_f(w_b, \tau) = (\Delta w)^{-1} \sum_{a_k \in A} W_f(a_k, \tau) a_k^{-\frac{3}{2}} (\Delta a)_k;$$

其中, w_b 为 $\left[w_b - \frac{1}{2} \Delta w, w_b + \frac{1}{2} \Delta w \right]$ 的中心值, τ 表示分辨率时域,

$\Delta w = w_b - w_{b-1}$, a_k 表示尺度的离散值, A 表示 $|w(a_k, \tau) - w_b| \leq \frac{\Delta w}{2}$;

$W_f = a_k^{-\frac{1}{2}} \int_R f(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{a_k}\right) dt$; $f(t)$ 表示湿尿布对应的信号, $\psi(\cdot)$ 表示小波基函数;

$(\Delta a)_k = a_k - a_{k-1}$;

通过多次小波同步压缩变换, 细化时频表示, 获取尿布轮廓的第二表示;

$$Wsst^{[M]}(w_l, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} Wsst_f(w_b, \tau) \delta(w_l - \tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)) dw_b;$$

其中, w_l 表示瞬时频率, $\delta(\cdot)$ 表示克罗内克狄拉克函数, $\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)$ 表示 $Wsst^{[M]}$ 剖面的瞬时频率估计;

通过以下约束条件限制 M 的取值;

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau) - \tilde{w}_b^{[M-1]}(w_b, \tau)| d\tau dw_b < \varepsilon;$$

其中, ε 是一个很小的阈值, 设置为 $1e-8$ 。

可选的, 得到训练完成的启发式迁移网络, 包括以下步骤:

将所述训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练;

采用 Resnet 网络提取特征表示;

通过启发式迁移网络表示训练样本集和测试样本集之间的迁移差异, 并采用生成式对抗网络机制消除所述迁移差异, 直至启发式迁移网络的损失函数收敛, 得到训练完成的启发式迁移网络, 并在特征呈现中获取测试样本集的尿布湿度;

其中, 启发式迁移网络的损失函数 $L(Ttm)$ 为:

$$L(Ttm) = L_{Rem} + L_{Pro};$$

$$L_{Rem} = E_{x_i^n \sim D_N} \log D(F_i) + E_{x_j^a \sim D_A} \log[1 - D(F_i)];$$

$$L_{Pro} = L_{CrossEntropy}(F_i - H(x_i), y_i);$$

上式中： L_{Rem} 表示消除迁移差异的损失函数， L_{Pro} 表示预测尿布湿度的损失函数； F_i 表示提取的特征， $H(x_i)$ 表示迁移差异， $E_{x_i^n \sim D_N}$ 表示源域的期望， $D(F_i)$ 表示提取的特征分布， $E_{x_j^a \sim D_A}$ 表示目标域的期望， $L_{CrossEntropy}$ 表示计算两个变量的交叉熵， y_i 表示样本的标签， x_i^n 表示来自源域的信号， D_N 表示源域集合， x_j^a 表示来自目标域的信号， D_A 表示目标域的集合。

经由上述的技术方案可知，与现有技术相比，本发明公开提供了一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，具有以下有益效果：本发明通过调频连续波（FMCW）信号检测尿布，利用从反射无线电信号中提取的连续无线快照（CRS）感知雷达视场（FOV）中的静态环境信息和动态环境信息，通过一个基于 CRS 和物体呼吸的过滤模板，消除不相关的静态反射和不相关的移动反射，再通过小波同步压缩变换提取尿布的轮廓，通过本发明的技术方案可以从射频信号中提取湿尿布的表示，消除外部的移动和静态干扰，同时，启发式迁移网络可以很好地解决适应新家庭中的新用户的问题。

附图说明

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，下面将对实施例或现有技术描述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的前提下，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

图 1 为本发明中尿布湿度检测方法的流程示意图；

图 2 为干尿布的连续无线快照；

图 3 为湿尿布的连续无线快照；

图 4 为启发式迁移网络的网络结构图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，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。

首先，通过研究无线电信号来捕捉受试者身上尿布湿度的可行性，发现从无线电信号中提取的尿布轮廓对不同的湿尿布呈现出独特的模式。基于此，本发明实施例公开了一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，如图 1 所示，包括以下步骤：

通过雷达设备向尿布发送调频连续波信号，获取传输信号 $S_T(t)$ 及雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ ；

基于传输信号 $S_T(t)$ 及返回信号 $S_R(t)$ ，检测静态环境因素和动态环境因素，获取连续雷达快照；

基于连续雷达快照和物体呼吸的过滤模板，消除静态环境因素和动态环境因素的干扰；

利用小波同步压缩变换，获取尿布的轮廓，分为训练样本集和测试样本集；

将训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练，直至损失函数收敛，得到训练完成的启发式迁移网络，并获取测试样本集的尿布湿度。

本实施例中提出的解决方案是被动的、无所不在的、舒适的、非接触的、非侵入性的，不需要在尿布的表面或内部安装传感器或标签，即使尿布周围

的环境是黑暗的，也可以利用无线电信号提取不同尿布的轮廓图案，以检测受试者身上所穿的尿布湿度。

具体方案如下：

向尿布发送调频连续波信号，获取传输信号 $S_T(t)$ 及雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ ，其表达式为：

$$S_T(t) = \cos\left(\int_0^t f(t')dt\right) = \cos\left(2\pi\left(f_c t + \frac{B_s t^2}{2T_s}\right)\right);$$

$$S_R(t) = S_T(t - \tau) = \cos\left(2\pi\left(f_c(t - \tau) + \frac{B_s(t - \tau)^2}{2T_s}\right)\right);$$

其中， f_c 表示起始频率； B_s 表示扫描宽带； T_s 表示扫描时间； τ 表示发射信号的反射时延，并忽略了振幅的衰减。

进一步地，获取连续雷达快照，包括以下步骤：

将传输信号 $S_T(t)$ 和返回信号 $S_R(t)$ 相乘并过滤频率最高的部分，获得信号 $S_{M1}(t)$ ；

$$S_{M1}(t) = \cos\left(2\pi\left(f_c \tau - \frac{B_s(\tau^2 - 2t\tau)}{2T_s}\right)\right);$$

通过距离维快速傅里叶变换（range-FFT）检测静态环境因素，获取信号 $S_{M2}(t)$ ；

$$S_{M2}(t) = \text{rangeFFT}(S_{M1}(t));$$

通过多普勒-快速傅里叶变换（doppler-FFT）检测静态环境因素和动态环境因素，获取连续雷达快照 $CRS(t)$ ；

$$CRS(t) = \text{dopplerFFT}(S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64}));$$

其中， $S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64})$ 表示 S_{M2} 的时间序列。

进一步地，消除静态环境因素和动态环境因素的干扰，具体为：

由于多径干扰复杂且难以建模，在本实施例中采用背景噪声消除的方法，通过收集一个空床上的 CRS_0 过滤模板与所述连续雷达快照信号点积，过滤多路径干扰：

$$CRS' = CRS * CRS_0;$$

由于尿布总是穿在身上，个人的呼吸也会包含在 CRS 中，因此可以通过收集用户不穿尿布躺在床上的 CRS_b 过滤模板与所述连续雷达快照信号做点积，对噪音及所述静态环境因素和动态环境的干扰进行过滤：

$$CRS'' = CRS' * CRS_b;$$

其中， CRS_0 是空床的 CRS ， CRS_b 为用户不穿尿布躺在床上的 CRS 。

进一步地，获取尿布的轮廓（参见图2、图3），具体包括以下步骤：

采用小波同步压缩变换，消除尿布时频图上的涂抹现象，获取尿布轮廓的第一表示；

$$Wsst_f(w_b, \tau) = (\Delta w)^{-1} \sum_{a_k \in A} W_f(a_k, \tau) a_k^{-\frac{3}{2}} (\Delta a)_k;$$

其中， w_b 为 $\left[w_b - \frac{1}{2}\Delta w, w_b + \frac{1}{2}\Delta w\right]$ 的中心值， τ 表示分辨率时域，

$\Delta w = w_b - w_{b-1}$ ， a_k 表示尺度的离散值， A 表示 $|w(a_k, \tau) - w_b| \leq \frac{\Delta w}{2}$ ；

$W_f = a_k^{-\frac{1}{2}} \int_R f(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{a_k}\right) dt$ ； $f(t)$ 表示湿尿布对应的信号， $\psi(\cdot)$ 表示小波基函数；

$(\Delta a)_k = a_k - a_{k-1}$ ；

通过多次小波同步压缩变换，细化时频表示，获取尿布轮廓的第二表示；

$$Wsst^{[M]}(w_l, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} Wsst_f(w_b, \tau) \delta(w_l - \tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)) dw_b;$$

其中， w_l 表示瞬时频率， $\delta(\cdot)$ 表示克罗内克狄拉克函数， $\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)$ 表示 $Wsst^{[M]}$ 剖面的瞬时频率估计；

通过以下约束条件限制 M 的取值；

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau) - \tilde{w}_b^{[M-1]}(w_b, \tau)| d\tau dw_b < \varepsilon;$$

其中, ε 是一个很小的阈值, 设置为 $1e-8$ 。

进一步地, 得到训练完成的启发式迁移网络, 包括以下步骤:

将训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络(参见图 4)中进行训练;

采用 Resnet 网络提取特征表示;

通过启发式迁移网络表示训练样本集和测试样本集之间的迁移差异, 并采用生成式对抗网络机制消除迁移差异, 直至启发式迁移网络的损失函数收敛, 得到训练完成的启发式迁移网络, 并在特征呈现中获取测试样本集的尿布湿度;

其中, 启发式迁移网络的损失函数 $L(Ttm)$ 为:

$$\begin{aligned} L(Ttm) &= L_{Rem} + L_{Pro}; \\ L_{Rem} &= E_{x_i^n \sim D_N} \log D(F_i) + E_{x_j^a \sim D_A} \log[1 - D(F_i)]; \\ L_{Pro} &= L_{CrossEntropy}(F_i - H(x_i), y_i); \end{aligned}$$

上式中: L_{Rem} 表示消除迁移差异的损失函数, L_{Pro} 表示预测尿布湿度的损失函数; F_i 表示提取的特征, $H(x_i)$ 表示迁移差异, $E_{x_i^n \sim D_N}$ 表示源域的期望, $D(F_i)$ 表示提取的特征分布, $E_{x_j^a \sim D_A}$ 表示目标域的期望, $L_{CrossEntropy}$ 表示计算两个变量的交叉熵, y_i 表示样本的标签, x_i^n 表示来自源域的信号, D_N 表示源域集合, x_j^a 表示来自目标域的信号, D_A 表示目标域的集合。

传统的尿布湿度检测方法会给用户带来很大负担, 而基于本发明中的技术方案, 可以有效的从射频信号中提取湿尿布表示, 消除外部的静态干扰和动态干扰, 通过启发式迁移网络训练模型解决了使用无线电信号在不同场景、

距离、方向和其他条件下检测尿布湿度的难题，在不安装传感器的前提下，完成对尿布湿度的检测。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求 书

1. 一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，其特征在于，包括以下步骤：

通过雷达设备向尿布发送调频连续波信号，获取传输信号 $S_T(t)$ 及所述雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ ；

基于所述传输信号 $S_T(t)$ 及返回信号 $S_R(t)$ ，检测静态环境因素和动态环境因素，获取连续雷达快照；

基于所述连续雷达快照和物体呼吸的过滤模板，消除所述静态环境因素和动态环境因素的干扰；

利用小波同步压缩变换，获取尿布的轮廓，分为训练样本集和测试样本集；

将所述训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练，直至损失函数收敛，得到训练完成的启发式迁移网络，并获取所述测试样本集的尿布湿度。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，其特征在于，所述传输信号 $S_T(t)$ 及所述雷达设备的返回信号 $S_R(t)$ 的表达式为：

$$S_T(t) = \cos\left(\int_0^t f(t')dt'\right) = \cos\left(2\pi\left(f_c t + \frac{B_s t^2}{2T_s}\right)\right);$$

$$S_R(t) = S_T(t - \tau) = \cos\left(2\pi\left(f_c(t - \tau) + \frac{B_s(t - \tau)^2}{2T_s}\right)\right);$$

其中， f_c 表示起始频率； B_s 表示扫描带宽； T_s 表示扫描时间； τ 表示发射信号的反射时延，并忽略了振幅的衰减。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法，其特征在于，所述获取连续雷达快照，包括以下步骤：

将所述传输信号 $S_T(t)$ 和返回信号 $S_R(t)$ 相乘并过滤频率最高的部分, 获得信号 $S_{M1}(t)$;

$$S_{M1}(t) = \cos\left(2\pi\left(f_c\tau - \frac{B_s(\tau^2 - 2t\tau)}{2T_s}\right)\right);$$

通过距离维快速傅里叶变换检测静态环境因素, 获取信号 $S_{M2}(t)$;

$$S_{M2}(t) = \text{rangeFFT}(S_{M1}(t));$$

通过多普勒-快速傅里叶变换检测静态环境因素和动态环境因素, 获取连续雷达快照 $CRS(t)$;

$$CRS(t) = \text{dopplerFFT}(S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64}));$$

其中, $S_{M2}(t_1, t_2, \dots, t_{64})$ 表示 S_{M2} 的时间序列。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法, 其特征在于, 消除所述静态环境因素和动态环境因素的干扰, 具体为:

采用背景噪声消除的方法, 通过收集一个空床上的 CRS_0 过滤模板与所述连续雷达快照信号点积, 过滤多路径干扰:

$$CRS' = CRS * CRS_0;$$

通过收集用户不穿尿布躺在床上的 CRS_b 过滤模板与所述连续雷达快照信号做点积, 对噪音及所述静态环境因素和动态环境的干扰进行过滤:

$$CRS'' = CRS' * CRS_b;$$

其中, CRS_0 是空床的 CRS , CRS_b 为用户不穿尿布躺在床上的 CRS 。

5. 根据权利要求 1 所述的一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法, 其特征在于, 所述获取尿布的轮廓, 包括以下步骤:

采用小波同步压缩变换, 消除尿布时频图上的涂抹现象, 获取尿布轮廓的第一表示;

$$Wsst_f(w_b, \tau) = (\Delta w)^{-1} \sum_{a_k \in A} W_f(a_k, \tau) a_k^{-\frac{3}{2}} (\Delta a)_k;$$

其中, w_b 为 $\left[w_b - \frac{1}{2} \Delta w, w_b + \frac{1}{2} \Delta w \right]$ 的中心值, τ 表示分辨率时域,

$\Delta w = w_b - w_{b-1}$, a_k 表示尺度的离散值, A 表示 $|w(a_k, \tau) - w_b| \leq \frac{\Delta w}{2}$;

$$W_f = a_k^{-\frac{1}{2}} \int_R f(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{a_k}\right) dt; f(t) \text{ 表示湿尿布对应的信号, } \psi(\cdot) \text{ 表示小波基函数};$$

$(\Delta a)_k = a_k - a_{k-1}$;

通过多次小波同步压缩变换, 细化时频表示, 获取尿布轮廓的第二表示;

$$Wsst^{[M]}(w_l, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} Wsst_f(w_b, \tau) \delta(w_l - \tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)) dw_b;$$

其中, w_l 表示瞬时频率, $\delta(\cdot)$ 表示克罗内克狄拉克函数, $\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau)$ 表示 $Wsst^{[M]}$ 剖面的瞬时频率估计;

通过以下约束条件限制 M 的取值;

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\tilde{w}_b^{[M]}(w_b, \tau) - \tilde{w}_b^{[M-1]}(w_b, \tau)| d\tau dw_b < \varepsilon;$$

其中, ε 是一个很小的阈值, 设置为 $1e-8$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于无线信号技术的尿布湿度检测方法, 其特征在于, 得到训练完成的启发式迁移网络, 包括以下步骤:

将所述训练样本集和测试样本集输入启发式迁移网络中进行训练;

采用 Resnet 网络提取特征表示;

通过启发式迁移网络表示训练样本集和测试样本集之间的迁移差异, 并采用生成式对抗网络机制消除所述迁移差异, 直至启发式迁移网络的损失函数收敛, 得到训练完成的启发式迁移网络, 并在特征呈现中获取测试样本集的尿布湿度;

其中, 启发式迁移网络的损失函数 $L(Ttm)$ 为:

$$L(Ttm) = L_{Rem} + L_{Pro};$$

$$L_{Rem} = E_{x_i^n \sim D_N} \log D(F_i) + E_{x_j^a \sim D_A} \log[1 - D(F_i)];$$

$$L_{Pro} = L_{CrossEntropy}(F_i - H(x_i), y_i);$$

上式中： L_{Rem} 表示消除迁移差异的损失函数， L_{Pro} 表示预测尿布湿度的损失函数； F_i 表示提取的特征， $H(x_i)$ 表示迁移差异， $E_{x_i^n \sim D_N}$ 表示源域的期望， $D(F_i)$ 表示提取的特征分布， $E_{x_j^a \sim D_A}$ 表示目标域的期望， $L_{CrossEntropy}$ 表示计算两个变量的交叉熵， y_i 表示样本的标签， x_i^n 表示来自源域的信号， D_N 表示源域集合， x_j^a 表示来自目标域的信号， D_A 表示目标域的集合。

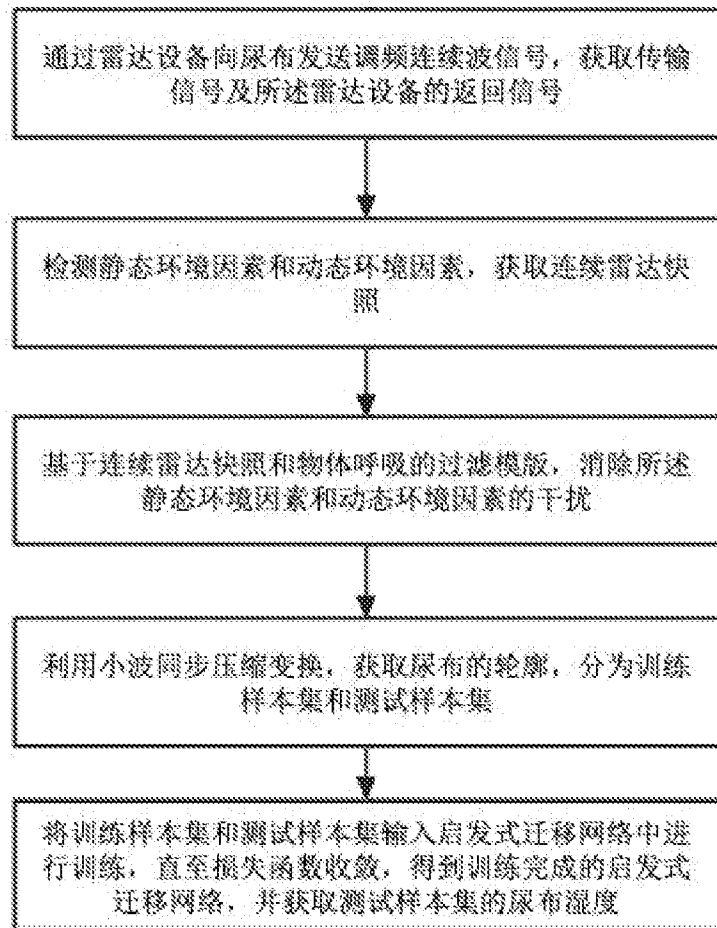


图 1

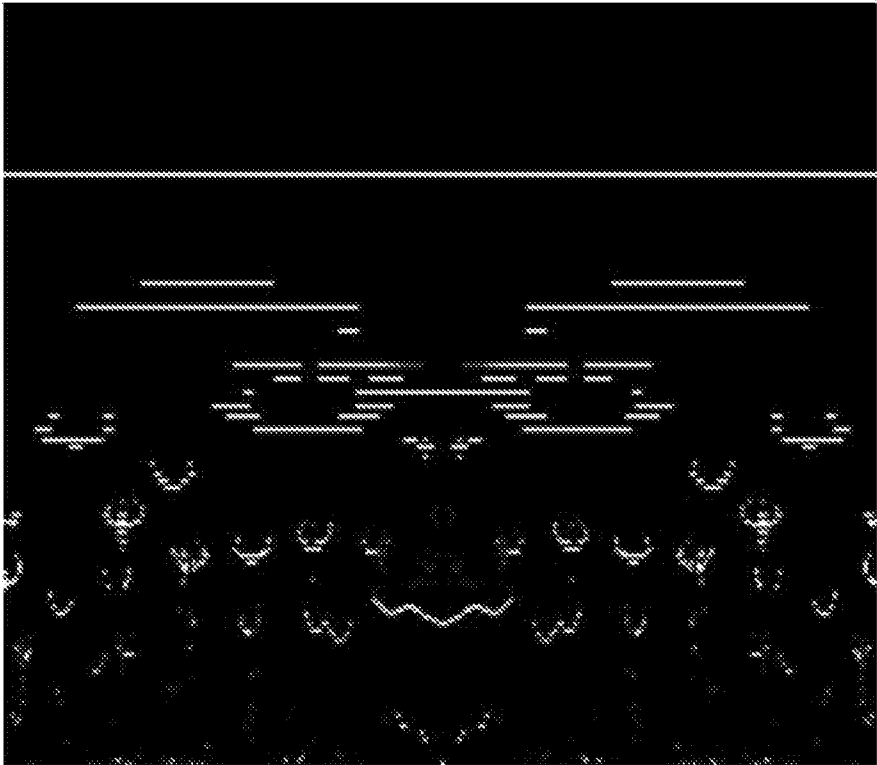


图 2

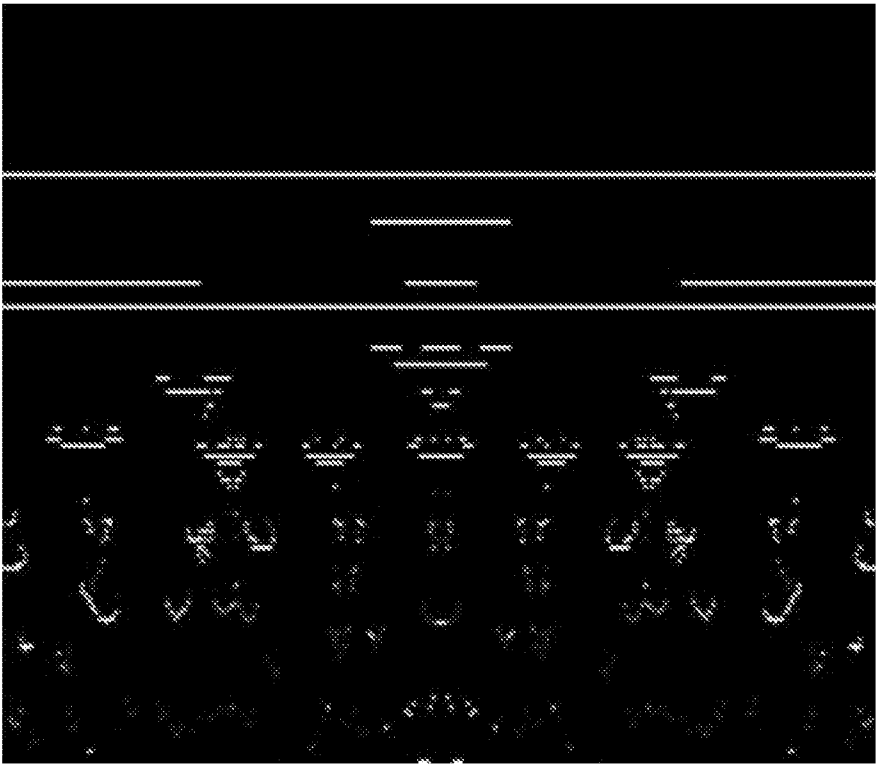


图 3

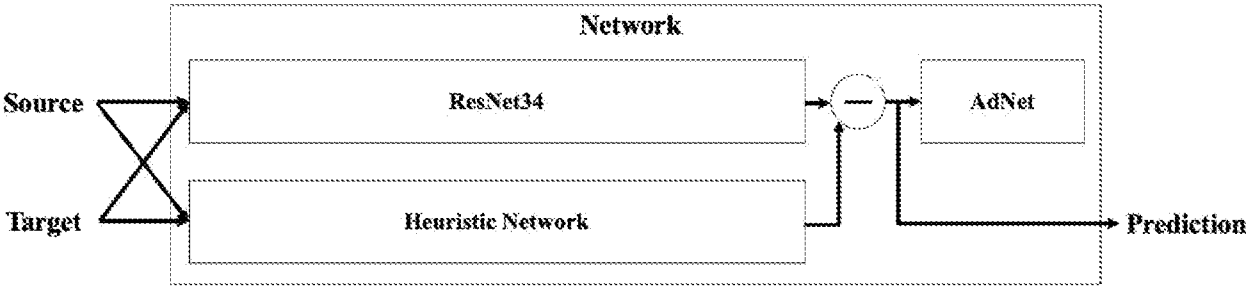


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/133189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06V 10/764(2022.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G06V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, CNKI: 尿, 湿度, 雷达, 轮廓, 形状, 训练, 网络, 干扰, 过滤; diaper, humidity, radar, contour, shape, training, network, eliminating, filtering

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115187815 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 2022-10-14 (2022-10-14) claims 1-6	1-6
A	CN 114184645 A (NANJING CHUHANG TECHNOLOGY CO., LTD.) 2022-03-15 (2022-03-15) entire document	1-6
A	CN 110361071 A (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 2019-10-22 (2019-10-22) entire document	1-6
A	CN 111461269 A (NANJING UNIVERSITY) 2020-07-28 (2020-07-28) entire document	1-6
A	WO 2006119523 A1 (DIAPLAN ELEKTRONIC GMBH et al.) 2006-11-16 (2006-11-16) entire document	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 April 2023

Date of mailing of the international search report

10 April 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/133189

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115187815	A	14 October 2022	None			
CN	114184645	A	15 March 2022	None			
CN	110361071	A	22 October 2019	US	2019317190	A1	17 October 2019
				US	10761187	B2	01 September 2020
				EP	3557283	A1	23 October 2019
CN	111461269	A	28 July 2020	None			
WO	2006119523	A1	16 November 2006	AT	501855	A1	15 November 2006

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/133189

A. 主题的分类

G06V 10/764(2022.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06V

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT, ENTXT, ENTXTC, DWPI, CNKI:尿, 湿度, 雷达, 轮廓, 形状, 训练, 网络, 干扰, 过滤; diaper, humidity, radar, contour, shape, training, network, eliminating, filtering

C. 相关文件

类 型*

引用文件, 必要时, 指明相关段落

相关的权利要求

PX

CN 115187815 A (浙江大学) 2022-10-14 (2022 - 10 - 14)
权利要求1-6

1-6

A

CN 114184645 A (南京楚航科技有限公司) 2022-03-15 (2022 - 03 - 15)
全文

1-6

A

CN 110361071 A (英飞凌科技股份有限公司) 2019-10-22 (2019 - 10 - 22)
全文

1-6

A

CN 111461269 A (南京大学) 2020-07-28 (2020 - 07 - 28)
全文

1-6

A

WO 2006119523 A1 (DIAPLAN ELEKTRONIC GMBH 等) 2006-11-16 (2006 - 11 - 16)
全文

1-6

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年4月6日

国际检索报告邮寄日期

2023年4月10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

詹芊芊

电话号码 (+86) 62411115

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/133189

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	115187815	A	2022年10月14日	无			
CN	114184645	A	2022年3月15日	无			
CN	110361071	A	2019年10月22日	US	2019317190	A1	2019年10月17日
				US	10761187	B2	2020年9月1日
				EP	3557283	A1	2019年10月23日
CN	111461269	A	2020年7月28日	无			
WO	2006119523	A1	2006年11月16日	AT	501855	A1	2006年11月15日