



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107888552 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201610878696.7

(22)申请日 2016.09.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107888552 A

(43)申请公布日 2018.04.06

(73)专利权人 清华大学深圳研究生院
地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大
学城清华校区
专利权人 深圳市岩尚科技有限公司

(72)发明人 张跃 雷夏飞 张拓

(74)专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有
限公司 44223

代理人 江耀纯

(51)Int.Cl.

H04L 29/06(2006.01)

(56)对比文件

US 2016232340 A1,2016.08.11,

CN 104055522 A,2014.09.24,

练秋生等.字典学习模型、算法及其应用研
究进展.《自动化学报》.2015,第41卷(第2期),
240-260.

Yue Zhang et al..Practical Human
Authentication Method Based on Piecewise
Corrected Electrocardiogram.《2016 7th
IEEE International Conference on Software
Engineering and Service Science
(ICSESS)》.2016,

审查员 陈燕

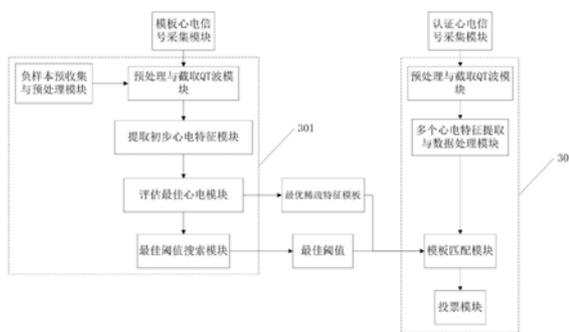
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于心电信号的身份认证方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于心电信号的身份认证方法,包括注册环节和认证环节,注册环节包括:预存负样本,将作为负样本的心电信号进行预处理,采集用户模板心电信号,检测R波位置,截取QT波,将截取的QT波采用用于稀疏表示的区分子字典学习算法生成稀疏特征模板,之后评估出最优稀疏特征模板,再搜索出最佳阈值;认证环节包括:将经过预处理的心电信号生成稀疏特征,之后基于最佳阈值进行初步认证,再基于最高熵投票完成认证,若进行远程身份认证,还包括在初步认证之前对数据进行压缩处理并传输到远程认证单元。本发明尤其适用于远程动态医疗中的心电身份实时认证的应用,解决了高效实时的身份认证问题。



1. 一种基于心电信号的身份认证方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、使用认证心电信号采集模块采集心电信号的步骤;

S2、在预处理与截取QT波模块中将采集的心电信号进行预处理,检测R波位置,截取QT波的步骤;

S3、将截取的QT波在多个心电特征提取与数据处理模块中采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征的步骤;

S4、生成的稀疏特征基于最佳阈值在模板匹配模块中进行模糊匹配,完成初步认证,之后基于最高熵投票,完成认证的步骤;

在步骤S3中所述的用于稀疏表示的区分字典学习算法包括:

$$J_{(D,C)} = \arg \min_{(D,C)} \left\{ \sum_i \left(\frac{1}{2} \|X_i - DC_i\|_F^2 + \lambda \|C_i\|_0 \right) + \frac{\alpha}{2} \|D^T D - I\|_F^2 + \text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) \right\}$$

其中, $J_{(D,C)}$ 是求解后的字典D和稀疏特征C, $\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j)$ 是特征区分属性, λ 为稀疏程度系数, α 为正则化系数, λ 和 α 取值范围都为0到1之间;

X_i 与 X_j 分别表示第i个和第j个QT波, C_i 和 C_j 分别表示与 X_i 和 X_j 相对应的稀疏特征。其中, $i \neq j$;

$$\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \|C_i - C_j\|_2^2 & \text{if } \text{label}(X_i) = \text{label}(X_j) \\ \frac{1}{2} \max(0, dm - \|C_i - C_j\|_2)^2 & \text{if } \text{label}(X_i) \neq \text{label}(X_j) \end{cases}$$

其中, dm 是设定的不同类之间的最小距离, $\text{label}(X_i)$ 表示 X_i 的类别编号;

s. t. $\|d_j\| = 1, 1 \leq j \leq l$

其中, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示n个QT波; $D = (d_1, d_2, \dots, d_l)$ 表示字典的维数, l 为大于1的任意数值; $C = (C_1^T, C_2^T, \dots, C_l^T)^T$ 表示稀疏特征; T 表示矩阵的转置。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S4中的所述的初步认证之前对步骤S3中所述的稀疏特征在所述多个心电特征提取与数据处理模块中进行压缩处理并传输到第三方认证设备,再解压为步骤S3中所述的稀疏特征。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S4中所述的最佳阈值的搜索过程是采用欧式距离进行搜索,所述的最高熵投票是以频率作为判断基础。

4. 一种基于心电信号的身份注册方法,其特征在于,包括以下步骤:

a、预存负样本于负样本预收集与预处理模块的步骤;

b、在预处理与截取QT波模块中将采集的作为负样本的心电信号进行预处理,检测R波位置,截取QT波的步骤;

c、将截取的QT波在初步心电特征模板提取模块中采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征模板的步骤;

d、基于稀疏特征模板在最佳心电特征评估模块中评估出最优稀疏特征模板的步骤;

e、基于最优稀疏特征模板在最佳阈值搜索模块中搜索出最佳阈值的步骤;

在步骤c中所述的采用用于稀疏表示的区分字典学习算法包括:

$$J_{(D,C)} = \arg \min_{(D,C)} \left\{ \sum_i \left(\frac{1}{2} \|X_i - DC_i\|_F^2 + \lambda \|C_i\|_0 \right) + \frac{\alpha}{2} \|D^T D - I\|_F^2 + \text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) \right\}$$

其中, $J_{(D,C)}$ 是求解后的字典 D 和稀疏特征 C , $\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j)$ 是特征区分属性, λ 为稀疏程度系数, α 为正则化系数, λ 和 α 取值范围都为 0 到 1 之间;

X_i 与 X_j 分别表示第 i 个和第 j 个 QT 波, C_i 和 C_j 分别表示与 X_i 和 X_j 相对应的稀疏特征。其中, $i \neq j$;

$$\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \|C_i - C_j\|_2^2 & \text{if } \text{label}(X_i) = \text{label}(X_j) \\ \frac{1}{2} \max(0, dm - \|C_i - C_j\|_2)^2 & \text{if } \text{label}(X_i) \neq \text{label}(X_j) \end{cases}$$

其中, dm 是设定的不同类之间的最小距离, $\text{label}(X_i)$ 表示 X_i 的类别编号;

s. t. $\|d_j\| = 1, 1 \leq j \leq l$, 其中, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示 n 个 QT 波; $D = (d_1, d_2, \dots, d_l)$ 表示字典的维数, l 为大于 1 的任意数值; $C = (C_1^T, C_2^T, \dots, C_l^T)^T$ 表示稀疏特征; T 表示矩阵的转置。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 在步骤 b 中所述的心电信号进行预处理之前更新字典, 在步骤 e 中所述的最佳阈值的搜索过程是采用欧式距离进行搜索。

6. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 在步骤 c 中所述的最优稀疏特征模板是采用留一法获得的, 判别式为 $\sum_{j=1, j \neq i}^n 1_{f(C_{1i}, C_{1j}) < \text{prothd}} > \frac{n-1}{2}$, 其中, $C_1 = (C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1n})$; $f(C_{1i}, C_{1j})$ 是特征 C_{1i} 与特征 C_{1j} 的间距计算; $1_{f(C_{1i}, C_{1j}) < \text{prothd}}$ 表示当特征 C_{1i} 与特征 C_{1j} 的间距小于预设阈值 prothd 时取 1, 否则取 0; Prothd 的取值常取 n 个稀疏特征的平均值 $\text{mean}(f(C_{1i}, C_{1j}))$; i 取值为 1 到 n . j 取值为 1 到 n , 且 $i \neq j$ 。

7. 一种基于心电信号的身份认证系统, 包括注册模块和认证模块, 其特征在于, 所述注册模块包括,

负样本预收集与预处理模块, 用于预训练字典 D 和生成预存负样本的稀疏特征;

模板心电信号采集模块, 用于采集模板心电信号;

预处理与截取 QT 波模块, 用于对心电信号进行滤波处理并截取 QT 波形;

提取初步心电特征模块, 用于提取被截取的 QT 波形的时域或者频域特征;

评估最佳心电模块, 用于设定评估最佳心电的标准, 采用留一法从被提取的初步心电特征中剔除异常心电模块;

最佳阈值搜索模块, 基于最佳心电模块中的最佳心电特征, 用于设定搜索阈值范围和搜索精度, 以评估出的最佳心电模块的数据的认假率 FAR 和拒真率 FRR 差值的绝对值为衡量标准, 选取绝对值最小者所对应的阈值为最佳阈值; 所述认证模块包括,

认证心电信号采集模块, 用于采集心电信号;

预处理与截取 QT 波模块, 用于对心电信号进行滤波处理并通过采样点数划分截取 QT 波形;

多个心电特征提取与数据处理模块, 将截取的 QT 波采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征; 将稀疏特征模板进行压缩处理并传输到第三方认证设备;

模板匹配模块,得到的时域或频域特征与最佳心电模块进行匹配,完成初步认证;

投票模块,根据初步认证结果,基于最大频率或信息熵进行投票,完成认证;用于稀疏表示的区分字典学习算法包括:

$$J_{(D,C)} = \arg \min_{(D,C)} \left\{ \sum_i \left(\frac{1}{2} \|X_i - DC_i\|_F^2 + \lambda \|C_i\|_0 \right) + \frac{\alpha}{2} \|D^T D - I\|_F^2 + \text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) \right\}$$

其中, $J_{(D,C)}$ 是求解后的字典D和稀疏特征C, $\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j)$ 是特征区分属性, λ 为稀疏程度系数, α 为正则化系数, λ 和 α 取值范围都为0到1之间;

X_i 与 X_j 分别表示第i个和第j个QT波, C_i 和 C_j 分别表示与 X_i 和 X_j 相对应的稀疏特征。其中, $i \neq j$;

$$\text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \|C_i - C_j\|_2^2 & \text{if } \text{label}(X_i) = \text{label}(X_j) \\ \frac{1}{2} \max(0, dm - \|C_i - C_j\|_2)^2 & \text{if } \text{label}(X_i) \neq \text{label}(X_j) \end{cases}$$

其中, dm 是设定的不同类之间的最小距离, $\text{label}(X_i)$ 表示 X_i 的类别编号;

s. t. $\|d_j\| = 1, 1 \leq j \leq l$

其中, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示n个QT波; $D = (d_1, d_2, \dots, d_l)$ 表示字典的维数, l 为大于1的任意数值; $C = (C_1^T, C_2^T, \dots, C_n^T)^T$ 表示稀疏特征; T 表示矩阵的转置。

8. 一种远程动态医疗中心电身份实时认证方法,其特征在于,采用如权利要求4-6中任一项所述的身份注册方法和如权利要求1-3任一项所述的身份认证方法。

一种基于心电信号的身份认证方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及身份认证领域,特别是涉及一种基于心电信号的身份认证方法及系统。

背景技术

[0002] 随着远程移动医疗技术的不断发展,用户身份与诊断医生身份的实时唯一性认证越来越重要。生物特征识别是基于生物行为的习惯性或生物个体特征,对个体身份自动实现识别与认证。传统比较成熟的指纹、虹膜、声音、人脸等技术中具有较好生物特征的包括:指纹、掌纹、耳朵等。然而,数据量大、计算复杂,易于被获取仿制,对采集方式或采集环境要求较高等因素一定程度限制了传统生物特征的应用。

[0003] 心电信号是远程移动医疗技术中关键的生理参数,同时具有唯一标识个体身份的特性。与传统识别特征相比,心电信号具有实时、活体、数据量小等特性。目前基于心电信号的身份认证方法,一方面,过多借助于P,QRS,T等基准点的检测和数据测量,难以满足高效性要求;另一方面,需要实时完整心电数据,难以实现实时身份认证。

发明内容

[0004] 本发明为了解决基于心电信号的身份认证方法难以满足高效性要求的技术问题,以及身份认证难以实现实时身份认证的技术问题,提出了一种基于心电信号的身份认证方法及系统。

[0005] 本发明的技术问题通过以下的技术方案予以解决:S1、使用认证心电信号采集模块采集心电信号的步骤;S2、在预处理与QT截取模块中将采集的心电信号进行预处理,检测R波位置,截取QT波的步骤;S3、将截取的QT波在多个心电特征提取与数据处理模块中采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征的步骤;S4、生成的稀疏特征基于最佳阈值在模板匹配模块中进行模糊匹配,完成初步认证,之后基于最高熵投票,完成认证的步骤。

[0006] 本发明与现有技术对比的有益效果包括:本发明提出一种基于心电信号的身份认证方法及系统。该方法将经过预处理的心电信号采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征,生成的稀疏特征基于最佳阈值进行模糊匹配,稀疏特征在判别式的基础上完成初步认证,之后再基于最高熵投票进行第二次判别即可完成认证,认证效果高效准确。同时,稀疏特征的数值只有0和1,相对于传统数据存储方式,被压缩后的数据数据量更小,能实现远程动态医疗应用中的实时心电身份认证。

附图说明

[0007] 图1是本发明提供的基于心电信号的身份注册流程图。

[0008] 图2是本发明提供的基于心电信号的身份认证流程图。

[0009] 图3是本发明提供的基于心电信号的认证系统的结构框图。

具体实施方式

[0010] 下面对照附图并结合优选的实施方式对本发明作进一步说明。

[0011] 需要说明的是,本发明具体实施方式的算法主要采用用于稀疏表示的区分字典学习算法、在线学习算法、数据压缩算法、最高熵投票算法。

[0012] 本发明提供了一种基于心电信号的身份注册方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0013] 步骤201,预存负样本。

[0014] 需要说明的是,负样本prodata,由h个用户的QT波形组成,每个用户包含n个QT波形;主要用于预训练字典D和最佳阈值搜索,h取值范围理论值大于等于1,取值越大,预训练字典D性能越好和最佳阈值的搜索越准确,优选地,h取100。

[0015] 步骤202,针对每个用户,截取的n个QT波越多,训练性能越好,不过所消耗的时间也相应提升,优选地,所述QT波的个数n取16。预训练字典D训练完成后生成预存负样本的稀疏特征protrdata。

[0016] 步骤203,判断注册用户是否为新用户,如果不是新用户,即在预存的负样本中已经包含该用户,此时不需要更新字典,最新字典 $D' = D$ 。

[0017] 如果是新用户,则需要通过在线学习算法更新字典D,进而获得最新字典 D' 。所述在线学习算法是借助Mairal等人在“Online learning for matrix factorization and sparse coding”提出的稀疏表示字典在线学习算法更新字典D,具体地,依据预训练字典D,求解对应的稀疏特征C,通过D与C计算重构误差 $\Delta D = 2(X_{new} - D * C)$,快速更新最新字典 $D' = D$ 。其中, X_{new} 指新用户QT波形。

[0018] 将经过预处理的心电信号采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征:

$$[0019] \quad J_{(D,C)} = \arg \min_{(D,C)} \left\{ \sum_i \left(\frac{1}{2} \|X_i - DC_i\|_F^2 + \lambda \|C_i\|_0 \right) + \frac{\alpha}{2} \|D^T D - I\|_F^2 + Verif(X_i, X_j, D, C_i, C_j) \right\}$$

[0020] 其中, $J_{(D,C)}$ 是求解后的字典D和稀疏特征C, $Verif(X_i, X_j, D, C_i, C_j)$ 是特征区分属性, λ 为稀疏程度系数, α 为正则化系数, λ 和 α 取值范围都为0到1之间。

[0021] X_i 与 X_j 分别表示第i个和第j个QT波, C_i 和 C_j 分别表示与 X_i 和 X_j 相对应的稀疏特征。其中, $i \neq j$ 。

$$[0022] \quad Verif(X_i, X_j, D, C_i, C_j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \|C_i - C_j\|_2^2 & \text{if } label(X_i) = label(X_j) \\ \frac{1}{2} \max(0, dm - \|C_i - C_j\|_2)^2 & \text{if } label(X_i) \neq label(X_j) \end{cases}$$

[0023] 其中,dm是设定的不同类之间的最小距离, $label(X_i)$ 表示 X_i 的类别编号。

[0024] s. t. $\|d_j\| = 1, 1 \leq j \leq 1$

[0025] 其中, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示n个QT波; $D = (d_1, d_2, \dots, d_l)$ 表示字典的维数,l为大于1的任意数值; $C = (C_1^T, C_2^T, \dots, C_l^T)^T$ 表示稀疏特征。

[0026] 步骤204,从生成的稀疏特征中评估出最优稀疏特征模板。

[0027] 具体地,采用留一法,逐个通过阈值判别,从而剔除异常值。

$$[0028] \quad \sum_{j=1, j \neq i}^n 1_{f(C_i, C_j) < prothd} > \frac{n-1}{2}$$

[0029] 其中, $C1 = (C1_1, C1_2, \dots, C1_n)$; $f(C1_i, C1_j)$ 是特征 $C1_i$ 与特征 $C1_j$ 的间距计算;
 $1_{f(C1_i, C1_j) < prothd}$ 表示当特征 $C1_i$ 与特征 $C1_j$ 的间距小于预设阈值 $prothd$ 时取 1, 否则取 0。Prothd 的取值常取 n 个稀疏特征的平均值 $\text{mean}(f(C1_i, C1_j))$ 。 i 取值为 1 到 n 。 j 取值为 1 到 n , 且 $i \neq j$ 。

[0030] 当上式条件满足时, 第 i 个样本被选为优质稀疏特征; 不满足时, 第 i 个样本即为异常值, 被提出。最终选出最优稀疏特征模板 $F = (F_1, F_2, \dots, F_{n1})$, 其中 $n1 \leq n$ 。

[0031] 步骤 205, 基于最优稀疏特征模板搜索出最佳阈值。

[0032] 在本具体实施方式中, 步骤 201 所述的心电信号的采集时长为 20-30s。

[0033] 在本具体实施方式中, 步骤 204 中最佳阈值的搜索过程是采用欧式距离进行搜索, 搜索过程包括:

[0034] 任意从最优特征模板 F 中抽取子集 S , 剩余特征模块为 FcS ;

[0035] 以 S 为训练集, FcS 和 $protrdata$ 为测试集搜索阈值 $thd1$;

[0036] 以 FcS 为训练集, S 和 $protrdata$ 为测试集搜索阈值 $thd2$;

[0037] 计算训练集中两两欧氏距离的最大最小值 $maxthd, minthd$ 。设置搜索次数 $iternum$, 则遍历阈值 $minthd + \frac{maxthd - minthd}{iternum} * i$, 此处 i 取值从 1 到 $iternum$, 从而获得 FRR

$= \{frr_1, frr_2, \dots, frr_{iternum}\}$ 和 $FAR = \{far_1, far_2, \dots, far_{iternum}\}$ 。由 FRR 和 FAR 可以得到 $|FAR - FRR| = \{|far_1 - frr_1|, |far_2 - frr_2|, \dots, |far_{iternum} - frr_{iternum}|\}$, 取 frr 与 far 差值绝对值最小所对应的第 i 个阈值为搜索到的最合适阈值, 即 $thd1$ 和 $thd2$ 。

[0038] 基于 $thd1$ 和 $thd2$ 获取最佳阈值 $Best_thd$:

$$[0039] \quad Best_thd = \frac{Num(S)}{Num(C)} * thd1 + \frac{Num(CcS)}{Num(C)} * thd2$$

[0040] 其中, $Num(x)$ 表示 x 的个数。

[0041] 本发明提供了一种基于心电信号的身份认证方法, 如图 2 所示, 包括以下步骤:

[0042] 步骤 101, 用处理装置对采集来的心电信号进行预处理, 检测 R 波位置, 截取 m 个 QT 波形, 在本具体实施方式中, QT 波的个数为 16 个。

[0043] 需要说明的是, 在本具体实施方式中, QT 波形的截取通过采样点数划分法。具体地, 获取采样频率 f Hz, QT 波长 t 取 0.32-0.44 秒; QRS 波长为 0.1 秒。QT 采样个数 $num = [f * t]$, 其中 $[]$ 为取整函数。QRS 采样个数 $num_QRS = [f * 0.1]$ 。以每个 R 波为中心点, 向前取 $[(num_QRS - 1) / 2]$ 个点, 向后取 $(num - 1 - [(num_QRS - 1) / 2])$ 个点, 包括 R 波中心点构成 QT 波。

[0044] 采样频率 f 取决于所使用心电采集设备自身的频率, 优选地, $f = 125$ Hz, $num = [125 * 0.4] = 50$, $num_QRS = [125 * 0.1] = 12$ 。

[0045] 步骤 102, 将步骤 301 中处理过的心电信号采用用于稀疏表示的区分字典学习算法, 生成 m 个稀疏测试特征 $C2$ 。

[0046] 其中, 用于稀疏表示的区分字典学习算法包括:

$$[0047] \quad J_{(D,C)} = \arg \min_{(D,C)} \left\{ \sum_i \left(\frac{1}{2} \|X_i - DC_i\|_F^2 + \lambda \|C_i\|_0 \right) + \frac{\alpha}{2} \|D^T D - I\|_F^2 + Verif(X_i, X_j, D, C_i, C_j) \right\}$$

[0048] 其中, $J_{(D,C)}$ 是求解后的字典 D 和稀疏特征 C , $Verif(X_i, X_j, D, C_i, C_j)$ 是特征区分属性, λ 为稀疏程度系数, α 为正则化系数, λ 和 α 取值范围都为 0 到 1 之间。

[0049] X_i 与 X_j 分别表示第 i 个和第 j 个QT波, C_i 和 C_j 分别表示与 X_i 和 X_j 相对应的稀疏特征。其中, $i \neq j$ 。

$$[0050] \quad \text{Verif}(X_i, X_j, D, C_i, C_j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \|C_i - C_j\|_2^2 & \text{if } \text{label}(X_i) = \text{label}(X_j) \\ \frac{1}{2} \max(0, dm - \|C_i - C_j\|_2)^2 & \text{if } \text{label}(X_i) \neq \text{label}(X_j) \end{cases}$$

[0051] 其中, dm 是设定的不同类之间的最小距离, $\text{label}(X_i)$ 表示 X_i 的类别编号。

[0052] s. t. $\|d_j\| = 1, 1 \leq j \leq 1$

[0053] 其中, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示 n 个QT波; $D = (d_1, d_2, \dots, d_1)$ 表示字典的维数, 1 为大于 1 的任意数值; $C = (C_1^T, C_2^T, \dots, C_l^T)^T$ 表示稀疏特征。

[0054] 判读认证过程是否在本地进行,如果认证过程不是在本地进行,则需要对稀疏特征 C_2 进行压缩,被压缩的数据倍数不小于 8 倍。

[0055] 步骤103,如果认证过程是在本地进行,直接调用稀疏测试特征 $C_2 = \{C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2m}\}$ 。

[0056] 生成的稀疏特征基于最佳阈值进行初步认证,当 $\sum_{i=1}^{nl} \mathbf{1}_{f(C_i, C_j) < \text{Best_thd}} > \frac{nl}{2}$ 时,样本 C_{2j} 完成初步认证。之后步骤104,基于最高熵投票完成认证。

[0057] 在本具体实施方式中,步骤104中所述的最佳阈值的搜索过程是采用欧式距离进行搜索,具体地,搜索过程包括:

[0058] 任意从最优特征模块 F 中抽取子集 S ,剩余特征模块为 FcS ;

[0059] 以 S 为训练集, FcS 和 protrdata 为测试集搜索阈值 thd_1 ;

[0060] 以 FcS 为训练集, S 和 protrdata 为测试集搜索阈值 thd_2 ;

[0061] 计算训练集中两两欧氏距离的最大最小值 $\text{maxthd}, \text{minthd}$ 。设置搜索次数 iternum ,则遍历阈值 $\text{minthd} + \frac{\text{maxthd} - \text{minthd}}{\text{iternum}} * i$,此处 i 取值从 1 到 iternum ,从而获得 FRR

$= \{\text{frr}_1, \text{frr}_2, \dots, \text{frr}_{\text{iternum}}\}$ 和 $\text{FAR} = \{\text{far}_1, \text{far}_2, \dots, \text{far}_{\text{iternum}}\}$ 。由 FRR 和 FAR 可以得到 $|\text{FAR} - \text{FRR}| = \{|\text{far}_1 - \text{frr}_1|, |\text{far}_2 - \text{frr}_2|, \dots, |\text{far}_{\text{iternum}} - \text{frr}_{\text{iternum}}|\}$,取 frr 与 far 差值绝对值最小所对应的第 i 个阈值为搜索到的最合适阈值,即 thd_1 和 thd_2 。

[0062] 基于 thd_1 和 thd_2 获取最佳阈值 Best_thd :

$$[0063] \quad \text{Best_thd} = \frac{\text{Num}(S)}{\text{Num}(C)} * \text{thd}_1 + \frac{\text{Num}(CcS)}{\text{Num}(C)} * \text{thd}_2$$

[0064] 其中, $\text{Num}(x)$ 表示 x 的个数。

[0065] 在本具体实施方式中,步骤104是以频率作为所述最高熵投票认证基准,当

$$\sum_{j=1}^m \mathbf{1}_{\sum_{i=1}^{nl} \mathbf{1}_{f(F_i, C_{2j}) < \text{Best_thd}} > \frac{nl}{2}} > \frac{m}{2}$$

满足时,即该个体认证通过。否则,认证失败。

[0066] 其中, F_i 表示第 i 个最优稀疏特征模块; C_{2j} 表示第 j 个待认证样本; i 取值为 1 到 n_1 。 j 取值为 1 到 m 。 $f(F_i, C_{2j})$ 是特征 F_i 与特征 C_{2j} 的间距计算; $\mathbf{1}_{f(F_i, C_{2j}) < \text{Best_thd}}$ 表示当特征 F_i 与特征

$C2_j$ 的间距小于最佳阈值Best_thd时取1,否则取0。

[0067] 在本具体实施方式中,步骤104也可以以信息熵作为所述最高熵投票认证基准。

[0068] 同时本发明提供了一种基于心电信号的身份认证系统,基于心电信号的身份认证系统,如图3所示,包括注册模块301和认证模块302;

[0069] 其中,所述注册模块301包括,

[0070] 负样本预收集与预处理模块,用于预训练字典D和生成预存负样本的稀疏特征;

[0071] 模板心电信号采集模块,用于采集模板心电信号;

[0072] 预处理与截取QT波模块,用于对心电信号进行滤波处理并截取n个QT波形;

[0073] 提取初步心电特征模块,用于提取被截取的QT波形的时域或者频域特征;

[0074] 评估最佳心电模块,用于设定评估最佳心电的标准,采用留一法从被提取的初步心电特征中剔除异常心电模块;

[0075] 最佳阈值搜索模块,基于最佳心电模块中的最佳心电特征,用于设定搜索阈值范围和搜索精度,以评估出的最佳心电模块的数据的认假率FAR和拒真率FRR差值的绝对值为衡量标准,选取绝对值最小者所对应的阈值为最佳阈值;

[0076] 其中,所述认证模块302包括,

[0077] 认证心电信号采集模块,用于采集心电信号;

[0078] 预处理与截取QT波模块,用于对心电信号进行滤波处理并通过采样点数划分截取n个QT波形;

[0079] 多个心电特征提取与数据处理模块,将截取的QT波采用用于稀疏表示的区分字典学习算法生成稀疏特征;将稀疏特征进行压缩处理并传输到第三方认证设备;

[0080] 模板匹配模块,得到的时域或频域特征与最佳心电模块进行匹配,得到初步认证结果;

[0081] 投票模块,根据初步认证结果,基于最大频率或信息熵进行投票,完成认证。

[0082] 本发明还提供了一种远程动态医疗中心电身份实时认证方法,包括采用上述任一身份注册方法进行注册和采用上述任一身份认证方法进行认证。

[0083] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干等同替代或明显变型,而且性能或用途相同,都应当视为属于本发明的保护范围。

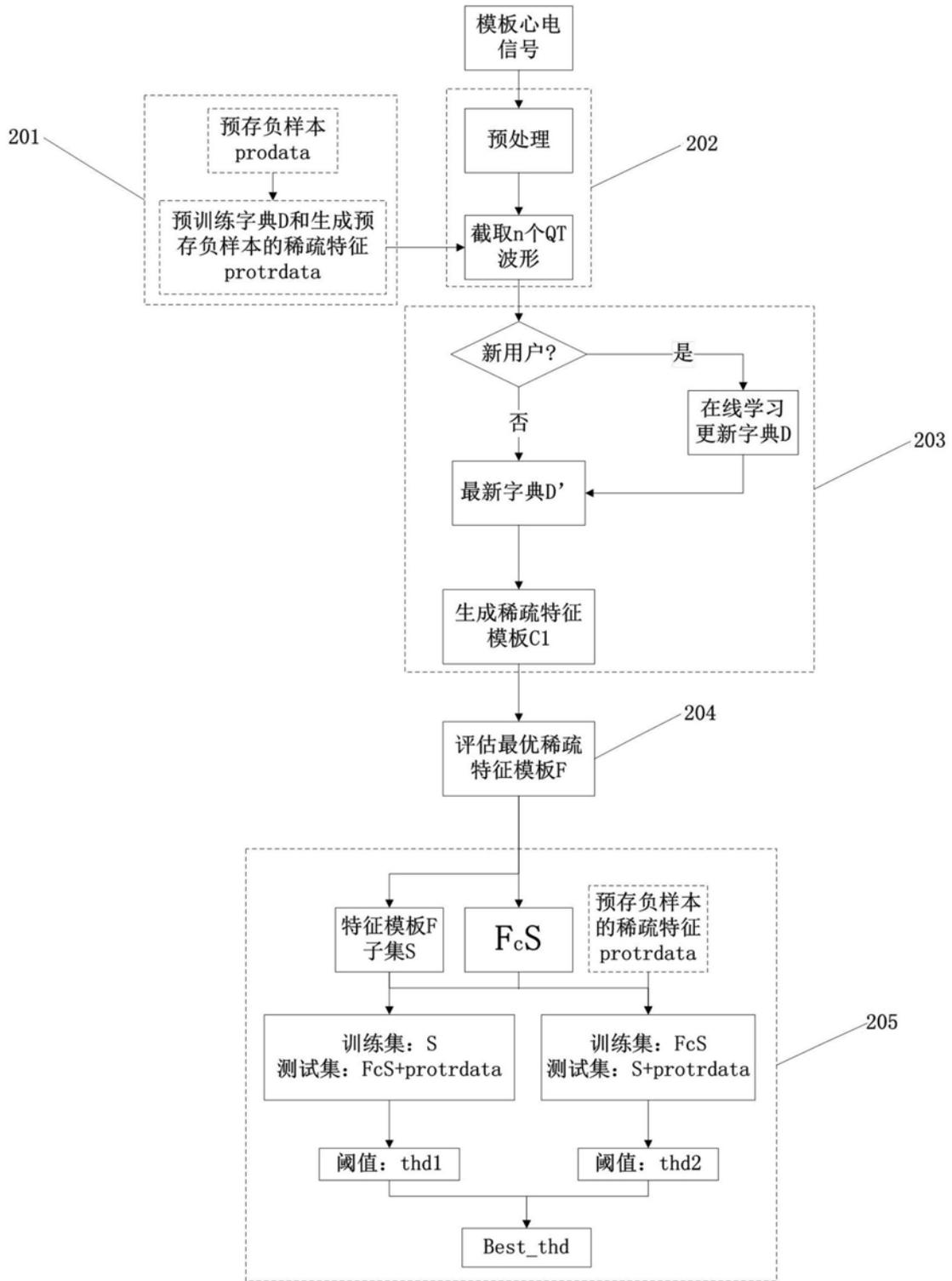


图1

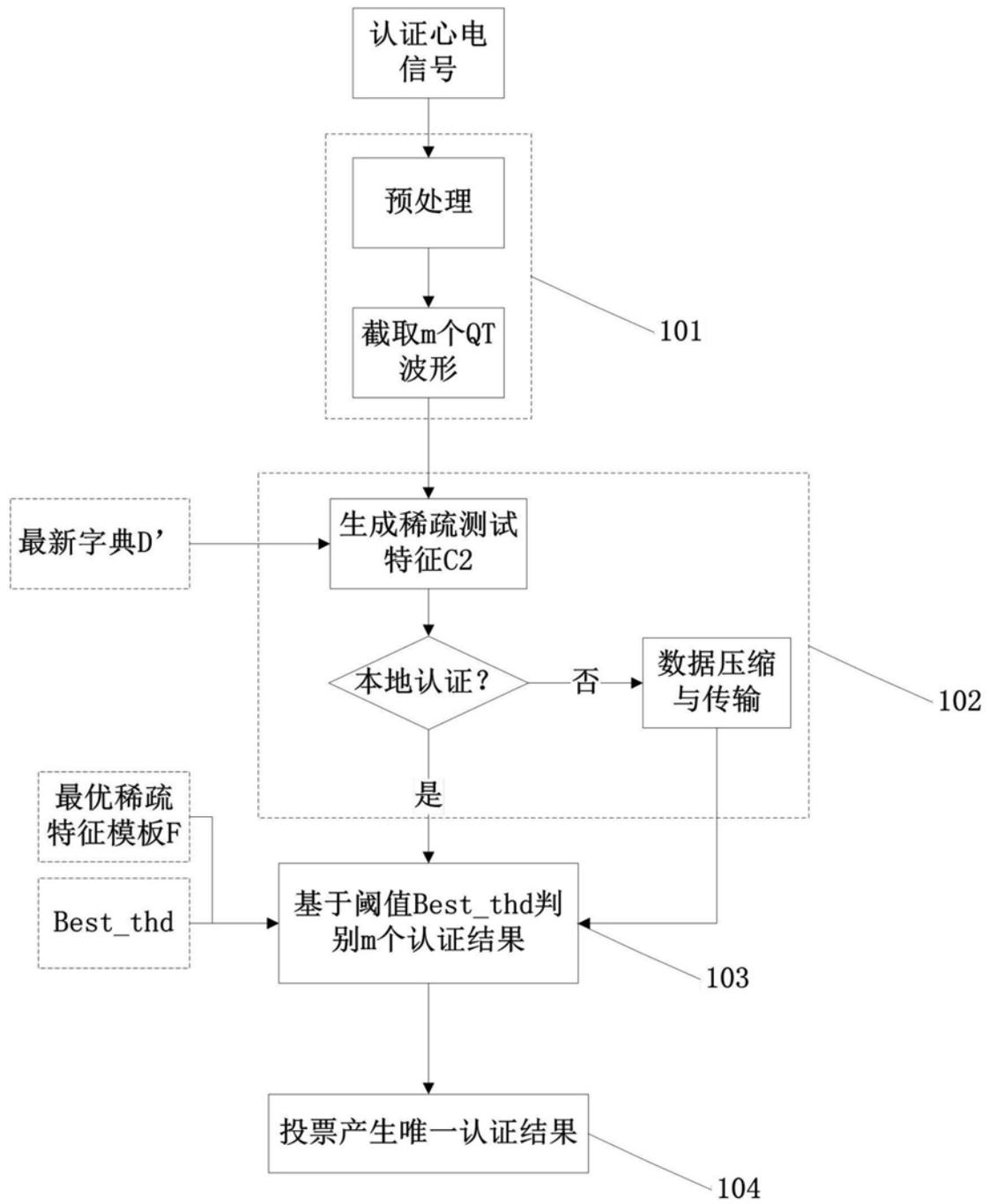


图2

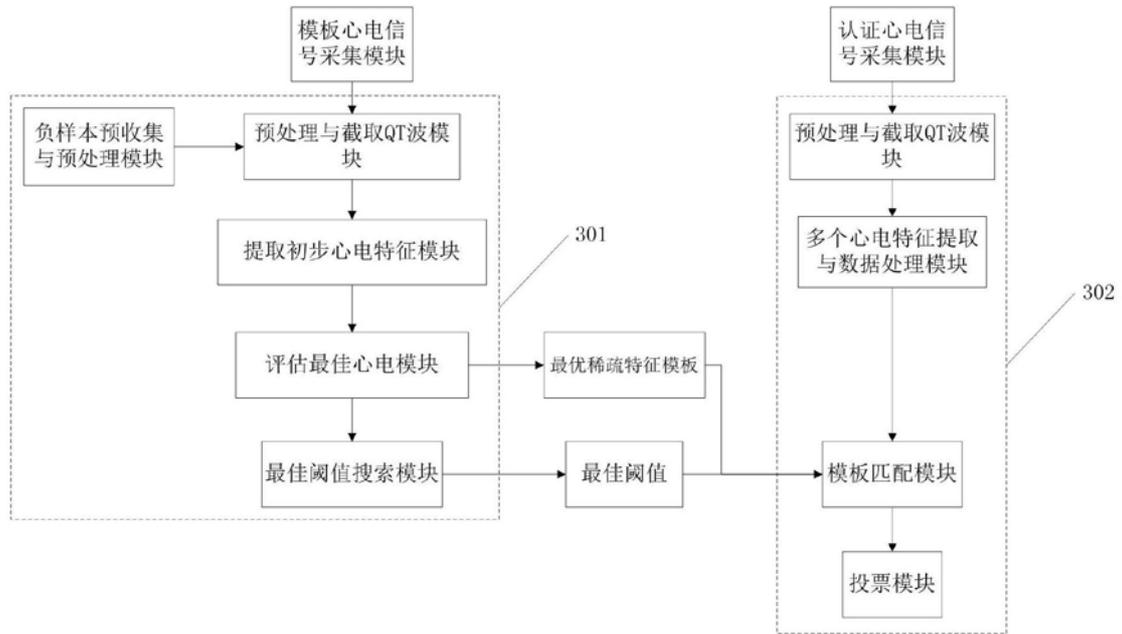


图3