

一种步态识别方法

田光见 赵荣椿

(西北工业大学计算机学院 西安 710072)

摘要 步态识别作为一种新的生物特征识别技术,通过人走路的姿势实现对个人身份的识别和认证。算法利用步态轮廓图像边界到重心的距离矢量对步态轮廓图像进行描述,采用步态图像的高宽比进行步态的准周期性分析。利用隐马尔可夫模型进行步态时变数据匹配识别。算法在 CMU 数据库上面进行实验取得了较高的正确识别率。

关键词 生物特征识别,步态识别,特征提取,隐马尔可夫模型

A Method of Gait Recognition

TIAN Guang-Jian ZHAO Rong-Chun

(Department of Computer Science and Technology, Northwestern Poly-technical University, Xi'an 710072)

Abstract Gait recognition refers to automatic identification of an individual based on his/her style of walking; it's a new biometrics recognition technology. This paper attempts to describe gait contour by using the distance between the contour centroid and the pixels on the edge, to make quasi-periodic analysis on height and width ratio of gait image, and to solve the problems resulting from image sequence of different gait cycle by HMM. By utilizing the algorithm in the paper, the experiments made on CMU database have achieved comparatively high correction identification ratio.

Keywords Biometrics, Gait recognition, Feature extraction, Hidden markov model

生物特征识别技术是利用人自身所固有的生理或行为特征进行身份鉴别。生理特征与生俱来,多为先天性的(如指纹、虹膜、脸像等);行为特征则是习惯使然,多为后天性的(如笔迹、步态等)。但是没有一种生物特征是完美而有效的,指纹识别的可靠性比较高但是需要实际的物理接触;人脸与虹膜识别不需要物理接触然而在实际应用时却受到环境的限制较多;实际上大多数的人脸识别技术只能够识别人的正面脸像,而虹膜识别技术的识别距离一般都不会超过 5m。步态作为一种生物特征就是根据人走路的姿势进行人的远距离身份认证^[1]。步态作为一种远距离身份识别的生物特征,虽然它具有其它生物特征所不具有的一些优点(远距离,难以隐藏等),但是也具有明显的缺点。步态识别的精度在中等,并且对于数据库中数据较少时比较有效;对于数据库中的数据较多时仅仅利用步态很难从中识别出单一的个体,但是此时利用步态可以缩小可能匹配的范围^[1]。步态识别作为一个处于探索性理论研究阶段的新的研究领域近年来取得了一系列的研究成果。

Amrit Kale 等人^[2]利用人的二值化图像的侧面外轮廓作为图像的特征,对于每一个人在一个步态周期内利用 C 均值算法选择一个标本集合。在识别的过程中计算一个步态序列的每一帧与标本集合之间的所谓的 FED 距离矢量,采用 HMM 进行步态识别。Lee^[3]采用七个椭圆表达人的侧面二值化图像的身体的不同部分,每一个椭圆用质心等 4 个特征表示加上整个身体图像的质心的高度一共 29 个特征表示整个人体侧面图像,通过模板匹配方法进行步态识别。Cunado^[4]将大腿和小腿建模为链接的钟摆,并从其倾斜角度信号的频率分量中获取步态特征。文^[5]利用步态轮廓一维矢量在特征空间的投影表示一个步态序列,利用 KNN 算法进行分类识别。本文的算法与文^[5]相比,不需要进行 PCA 分析,而且本文用作识别的特征维数会远远低于经过 PCA 分析降

维的特征维数。

1 步态的特征提取与表达

1.1 步态检测与提取

对于任意一个人的步态图像序列,首先通过背景相减法,获取步态图像。经过上面的处理之后的图像存在多余的噪声,我们采用一个标准的 3×3 低通滤波器去除运动图像中的噪声,然后利用一系列的数学形态学操作,填充空洞和去除步态图像边缘处的噪声。经过以上处理后的一个示例如图 1 所示。

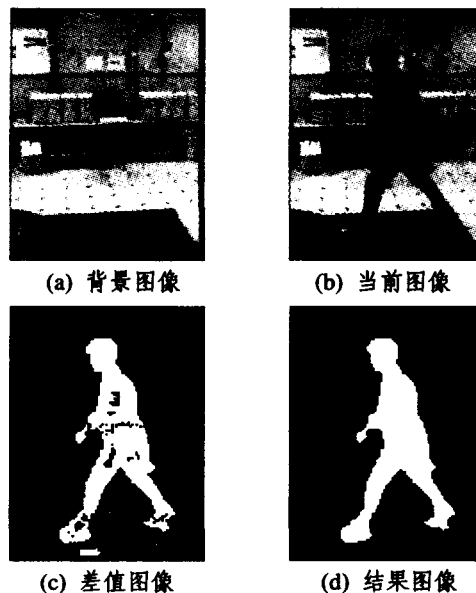


图 1 预处理结果

1.2 步态轮廓描述

采用文[6]的方法对经过背景减除和形态学滤波后的步态结果图像进行边缘跟踪,求得步态图像的轮廓。我们用复数形式表示如下(N 个点):

$$z_i = x_i + jy_i, i=1, 2, \dots, N \quad (1)$$

步态轮廓的重心坐标为(x_c, y_c)

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (2)$$

文[7]给出了四种利用一维函数描述二维形状的区域或者边界的方法,本文仅从四种表示方法的计算复杂性和结果受噪声影响的程度来考虑选择边缘点到重心的距离作为形状的特征描述方法。步态轮廓上面的任意一点(x_i, y_i)到重心(x_c, y_c)的距离:

$$r_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (3)$$

所有的距离构成特征矢量 $R = (r_1, r_2, \dots, r_N)$ 为了消除图像尺寸的影响,我们对特征矢量进行归一化处理^[5]

$$R' = R / \max(r_1, r_2, \dots, r_N) \quad (4)$$

为了去除噪声的影响需要对特征矢量进行平滑处理。图2给出经过本步骤处理后所得到的特征矢量的一个例子。

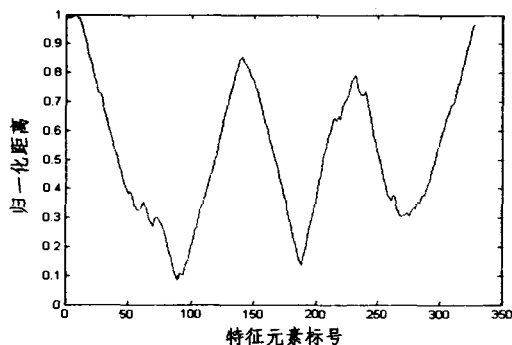


图2 特征矢量

由图2可以看出,所得到的特征矢量的维数与处于图像轮廓上的像素点数一致,在不影响数据的精度表达上为了降维我们需要对特征矢量进行等像素点数重采样,使所有的特征矢量具有相同的维数。

1.3 步态周期性分析

步态数据是准周期性的时变数据,从人体侧面轮廓图像序列可以看出,人体侧面的轮廓宽度会经过一个周期性的变换,侧面轮廓宽度会有一个从最大到最小又到最大的一个变化过程。此处利用步态轮廓图像的高/宽比来进行周期性分析,高/宽比随着帧序号的变化如图3所示。

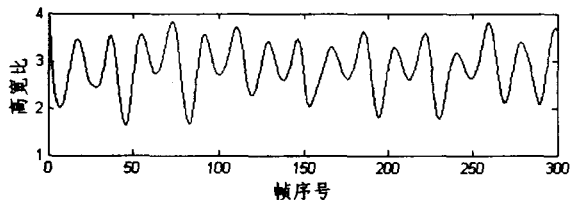


图3 周期性分析

2 基于隐马尔可夫模型的步态识别

2.1 步态序列的表达

假设已知人 j 的 m 个周期的数据, $x_m = \{x_{11}^j, x_{12}^j, \dots, x_{1T}^j\}, \dots, \{x_{m1}^j, x_{m2}^j, \dots, x_{mT}^j\}$ 其中的 x_i^j 表示前面提到的一帧

图像的特征矢量。虽然我们的特征矢量经过下采样的降维处理,但是对于一帧图像的特征矢量的最小的维数也大概有100左右,如果直接利用这些特征矢量进行识别,计算量非常大,对于本文的隐马尔可夫模型的参数估计更是不可行的。为了解决这个问题我们采用文[2]介绍的方法进行降维处理,具体做法如下:

对于人 j 我们寻找一个在某种意义上最能表示人 j 的集合 $\cdot^j = \{e_1, e_2, \dots, e_N\}$ 我们称 $\cdot^j$ 为人 j 的标本。设 $x^j(t)$ 表示在时刻 t 图像的特征矢量,在时刻 t 可以计算 $x^j(t)$ 到 $e_i \in \cdot^j$ 的距离构成一个 N 维的矢量 $f_i^j(t)$ 。

$$f_i^j(t) = d(x^j(t), e_i), t \in \{1, 2, \dots, T\}, i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (5)$$

$\cdot^j$ 表示人 j 的第 i 个标本。 $f_i^j(t)$ 可以作为人 j 的观察矢量。 $f_i^j(t)$ 表示利用人 j 的标本编码的人 i 的观察矢量。经过这样的处理之后观察矢量的维数为 N ,此时的关键问题是确定 N 以及标本 $\cdot^j$ 的计算。这个问题可以利用 C 均值聚类算法进行计算,同时可以求出标本 $\cdot^j$ 和确定标本的个数 N 。

2.2 基于HMM的步态识别

对于人 j 走路时的步态的变换可以看作是人的步态的 N 个标本从一个状态顺序转换到另外一个状态,人 j 的观察矢量 $f_i^j(t)$ 反映了标本之间的转换。对于人 j 包含一个隐过程标本之间的转换和一个显过程观察矢量随着时间的变化。隐马尔可夫模型非常适合处理这样的信号。有关隐马尔可夫模型的详细介绍参见文[8]对于步态识别问题,我们把标本看作是HMM隐状态,观察矢量看作HMM的观察值。HMM的状态数目直接取标本的数量 N ,HMM的参数包括初始概率 π ,状态转移矩阵 A ,输出概率分布 B 。 $\theta = (\pi, A, B)$ 表示HMM的参数。

对于步态识别问题,可以使用HMM的参数和标本联合起来表示不同的人的步态数据。设 $x^s(t), t \in \{1, 2, \dots, T\}$ 表示待识别的人的边界到重心的距离的特征矢量,设数据库中保存了 P 个人的标本数据和相应HMM参数,首先计算 $x^s(t)$ 到每一个人的标本观察矢量 $f_i^j(t), j \in \{1, 2, \dots, P\}$,然后利用文[8]中的前向算法计算观察值序列 $f_i^j(t)$ 在人 j 的HMM参数 λ_j 下的概率 $P_j, P_j = \log(P(f_i^j | \cdot^j))$ 对于数据库中的所有的人我们重复上面的计算步骤产生概率序列 $P_j, j \in \{1, 2, \dots, P\}$ 。假设待识别的人是人 m ,则在上面的概率序列中 P_m 应该是我们期望的最大值。

3 实验结果

本文的算法在CMU数据库上面进行了实验验证,CMU数据库采用六台摄像机同时对室内在跑步机上走路的人进行录像,每一个人同时捕获六个视角的视频序列。每一个人进行四种类型的走动:慢步走、快步走、上坡走路和抱球慢步走。每一个视频序列有11秒长,帧频率30帧/秒。我们实际应用的每一个图像序列有340帧,每一帧图像的分辨率为 640×480 。

CMU数据库包含25人,每人6个视角4种走路姿势总共24个序列,本文的算法在步态识别常用的侧面图像的序列上进行测试,采用了其中的12个人的26个序列。本文按照每一个步态序列一半作为训练样本,另外一半步态序列作为测试样本进行实验。采用连续全连接的隐马尔可夫模型进行训练识别。实验分为验证(verification)和识别(identification)两类指标,实验安排见表1。

(下转封四)