



视觉传感网络中身份特征自适应识别算法改进

李娜, 张晓宁, 朱芳娥

(石家庄铁道大学四方学院计算机系, 河北 石家庄 050011)

摘要:在对视觉传感网络中身份特征进行识别时,容易受到人脸表情、光照条件及遮挡等干扰,降低了身份特征识别精度。提出了一种基于改进最小灰度差树的身份特征自适应识别算法。对待识别图像进行灰度处理后,利用最小灰度差数增强待识别图像的质量;定义基于灰度的代价函数,获取待识别人脸图像和指定人脸图像对应的各灰度对的匹配代价,建立最小灰度差树模型,计算两幅图像相似度后,直接采用最近邻匹配算法获取和视觉传感网络注册图库中最小匹配代价对应的图像身份,将其看作待识别身份,实现视觉传感网络中身份特征自适应识别。仿真实验结果表明,所提算法具有很高的身份识别精度。

关键词:视觉传感网络;身份特征;自适应识别

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016171

Improvement of identity adaptive recognition algorithm in visual sensor network

LI Na, ZHANG Xiaoning, ZHU Fang'e

Department of Computer Science, Shijiazhuang Tiedao University Sifang College, Shijiazhuang 050011, China

Abstract: When recognizing the identity in visual sensor network, it's easily to be interfered with facial expression, illumination condition and shelter, so as to reduce the recognition accuracy. An identity adaptive recognition algorithm based on the improved minimum gray difference tree in visual sensor network was put forward. After gray processing, the minimum gray difference was used to enhance the quality of the image; cost function based on gray level was defined, the match price of each corresponding pair of gray of the image to be recognized and the specified face image were achieved, minimum gray difference tree model was set up, after two image similarity were calculated, the nearest neighbor matching algorithm was directly applied to obtain the image identity corresponding to minimum matching cost in the visual sensor network registration gallery, it was viewed as the identity to be recognized, the adaptive identity recognition was achieved in visual sensor network. Simulation results show that the proposed algorithm has high identification accuracy.

Key words: visual sensor network, identity, adaptive identification

1 引言

随着信息技术的快速发展,视觉传感网络技术已经被

广泛应用到金融、电子商务等多个领域,视觉传感网络的信息量快速增加,传感网络信息的安全成为了该领域存在的重点问题^[1,2]。如何有效地增加视觉传感网络的安全性能

成为了亟待解决的问题,而身份特征识别是保证视觉传感网络安全的前提,如何有效地对用户的身份进行识别、保护视觉传感网络信息的安全,已经受到相关领域专家学者的广泛重视,同时也出现了一些较好的身份特征自适应识别算法^[3-5]。

其中,参考文献[6]提出了基于空间频率特征模式相融合的视觉传感网络身份识别算法,通过坐标系和傅里叶变换对空间特征和频率特征进行提取和融合,通过支持向量机对融合特征进行学习和分类,实现视觉传感网络中的身份识别,但该方法识别精度差;参考文献[7]提出了基于掌纹和人脸特征的视觉传感网络身份识别算法,对掌纹和人脸图像进行融合,通过小波变换对融合后的图像进行加强,采用最小距离分类器对身份信息进行分类,完成身份识别,但该方法实现过程复杂;参考文献[8]提出了基于遗传算法和BP神经网络的视觉传感网络身份识别方法,通过小波技术对噪声进行过滤;然后选择含有个体身份信息的幅值、间期特征作为BP神经网络的输入向量,利用遗传算法对BP网络的权值和阈值进行优化,达到身份识别的目的,但该方法易陷入局部最优;参考文献[9]提出了基于小波变换和支持向量机的ECG身份识别算法,采用小波处理对ECG信号中的噪声进行过滤;对ECG特征进行降维处理,删除冗余特征,并输入支持向量机实现训练,完成身份识别,该算法实现过程非常复杂、运行效率低,不适合大范围使用;参考文献[10]提出了基于人脸辨别技术的视觉传感网络身份识别算法,在人脸辨别技术的基础上,通过二阶双向二维主成份分析法对人脸特征进行提取,并利用人脸匹配技术实现身份识别,该方法易受到外界环境的影响,识别准确度低。

针对传统算法存在的弊端,提出了基于改进最小灰度差树的视觉传感网络中身份特征自适应识别算法,并和参考文献[7]中提出的基于掌纹和人脸特征的视觉传感网络身份识别算法进行比较,通过相关实验对其性能进行了验证。

2 基于改进最小灰度差树的视觉传感网络身份特征自适应识别算法

2.1 mean shift 特征向量提取

通过对人脸中可识别特征的数目与深度的分析,从而能够确定人脸之间的关联水平。本文使用像素统计迭代法,利用式(1)获取人脸里能辨别的mean shift向量。

$$S_k(x) = \frac{\sum_{i=1}^q E\left(\frac{x_i - x}{k}\right) s(x_i)}{\sum_{i=1}^q E\left(\frac{x_i - x}{k}\right) s(x_i)} - x \quad (1)$$

其中, $E\left(\frac{x_i - x}{k}\right)$ 为 mean shift 向量的核函数, $s(x_i)$ 为 mean shift 向量的横坐标。

假设初始点为 x , 核函数的误差为 λ , mean shift 向量函数为 $p_k(x)$ 。将式(1)中 mean shift 算法反复实行预处理,直到产生 $\|p_k(x) - x\| < \lambda$ 时停止计算,详细的计算步骤如下:

- (1) 运行 $p_k(x)$;
- (2) 将 $p_k(x)$ 赋给 x ;
- (3) 若 $\|p_k(x) - x\| < \lambda$, 则停止运行;反之则继续计算。

由于人脸特征间隔和夹角可以代表人脸的重要特征,通过特征像素统计迭代法可以计算人脸特征间隔和夹角,得到 mean shift 的特征向量,能够解释和特定人脸之间的关联,人脸的 mean shift 特征向量如图1所示。

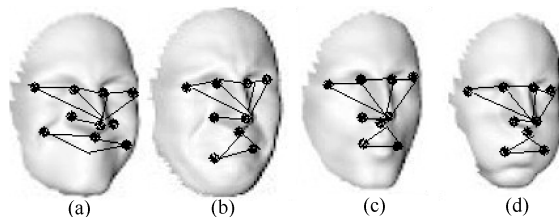


图1 人脸的 mean shift 特征向量

采用上述方法对人脸特征、特征夹角及特征间隔进行计算,根据对应的计算结果对人脸进行有效切割,为后续解析关联水平提供理论依据。

2.2 人脸图像灰度处理

在完成人脸的 mean shift 特征向量提取后,为了进一步增强视觉传感网络中识别身份的效果,需对得到的图片进行灰度处理,将其应用于身份特征自适应识别中,具体步骤如下所示。

假设人脸图像像素的灰度值用 $D=f(x,y)$ 进行描述,经处理后的图像像素灰度值可用 $D'=g(x,y)$ 进行表示,再利用式(2)的灰度变换函数对图像像素灰度进行增强处理。

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \text{ 或 } D' = T(D) \quad (2)$$

其中, D 和 D' 需要在图像的灰度范围区间内。

假设原待识别图像灰度直方图分布用 $P(x)$ 进行描述,可将式(2)带入 $P(x)$ 中,利用式(3)对原图像灰度进行转换:

$$y = g(x,y) = \frac{1}{C} \int_{x_0}^x P(x) dx \quad (3)$$



分析式(3)可知,经处理后的灰度分布函数 $P(y)$ 为原图像灰度分布 $P(x)$ 的积分。所以,针对任意待识别身份,在经直方图均衡化处理后,图像的灰度分布也呈现均一化。

假设对原图像灰度进行转换后的灰度级为 L ,分辨率为 $M \times N$,利用式(4)计算灰度级的常数 c 为:

$$c = \frac{M \times N}{L-1} \quad (4)$$

将式(4)代入式(3),利用式(5)获取直方图均衡化函数,可以对图像的灰度分布进行均一化,实现直方图均衡化处理。

$$y = INT \left[\frac{1}{c} \sum_{x_0}^x P(x) \right] = INT \left[\frac{(L-1) \sum_{x_0}^x P(x)}{M \times N} \right] \quad (5)$$

其中, $INT(\cdot)$ 用于描述取整, $\sum_{x_0}^x P(x)$ 用于描述灰度值在 x_0 到 x 之间的像素点个数。

2.3 视觉传感网络中身份特征自适应识别算法改进

完成对图像的灰度处理后,引入最小强度差数法实现视觉传感网络中身份特征的自适应识别,具体过程如下。

2.3.1 基于灰度的匹配代价计算

在身份特征识别过程中,图像灰度强度差项和灰度梯度差项是灰度匹配代价函数中的重要参数,现将这两个参数表征为灰度匹配代价。以上述的图像灰度均一化处理为基础,定义一个基于灰度的代价函数,求出待识别人脸图像和指定人脸图像对应的各灰度及相应的匹配代价,过程如下。

首先,针对两幅图像对应的各灰度对,定义一种代价函数,描述位置为 y 的灰度和同一位置的灰度的匹配程度,利用式(6)对该函数进行描述:

$$C_p(y) = (1-\alpha) \cdot \min(d_{\text{int}}(y), \tau_1) + \alpha \cdot \min(d_{\text{gra}}(y), \tau_2) \quad (6)$$

其中, α 用于描述调节强度差项 $d_{\text{int}}(y)$ 和梯度差项 $d_{\text{gra}}(y)$ 的权值, τ_1 和 τ_2 为不同时期的阈值。

将式(6)的计算结果带入,利用式(7)、式(8)计算灰度强度差项 $d_{\text{int}}(y)$ 和灰度梯度差项 $d_{\text{gra}}(y)$:

$$d_{\text{int}}(y) = \zeta \cdot \frac{\sum_{\delta \in \Omega} [(I(y+\delta) - \bar{I}(y)) - (I'(y+\delta) - \bar{I}'(y))]^2 \times C_p(y)}{\sum_{\delta \in \Omega} (I(y+\delta) - \bar{I}(y))^2 + \sum_{\delta \in \Omega} (I'(y+\delta) - \bar{I}'(y))^2} \quad (7)$$

$$d_{\text{gra}}(y) = \|\nabla I'(y) - \nabla I(y)\| \times C_p(y) \quad (8)$$

其中, ζ 用于描述缩放调节强度差值的一个常量; Ω 用于描述一个 $M \times N$ 尺寸的窗口,窗口把灰度位置 y 作为中心; δ

用于描述一个可变的二维偏移向量,变量上的短横线代表在窗口下的求平均操作; ∇ 用于描述处于水平方向的梯度算子。

2.3.2 最小灰度差树模型的建立

利用第 2.3.1 节获取的灰度匹配代价,建立最小灰度差树(minimum intensity difference tree, MIDT)模型,为身份特征自适应识别的实现提供了有效依据,识别过程如下。

将待识别图像(probe image) I 用一个无向连接图 $G=(V, E)$ 进行描述,图像 I 的顶点 V 是由图像 I 中的全部灰度构成,图像 I 的边 E 是通过最近邻灰度值之间的全部边构成,可将其看作一个标准 4 连通图。

假设这个标准 4 连通图中相邻灰度对 x 和 y 之间的边分配权重可描述成 $w(x, y) = w(y, x) = |I(x) - I(y)|$ 。则在对相似度进行计算的过程中,需在一个子轮廓内完成相邻灰度的比较,重新计算获取一个最小生成树(minimum spanning tree),该最小生成树能够保留原灰度图的全部像素,而且是全部生成树中最小边的权重之和。由于上述最小生成树具有穿过边缘(edge)的最小灰度差,所以将其称作最小灰度差树。

本文用 $L(x, y)$ 描述最小灰度差树上 x 和 y 两个节点(像素点)间的距离,也就是和像素相连边上的权重之和。若最小灰度差树上两个节点间的距离很近,则与之对应的两个像素的相似程度将会很大;反之,若最小灰度差树上两个节点间的距离很远,则与之对应的两个像素的相似程度将会很小。依据上述原理,利用式(9)计算两个像素之间的相似度。

$$S(x, y) = S(y, x) = \exp(-L(x, y)) \quad (9)$$

针对最小灰度差树结构,本文将之前为各节点(像素)定义的代价函数扩展至利用整棵树 $T(x)$ 汇聚的代价函数,利用式(10)表示:

$$C_T(x) = \sum_{v \in T(x)} S(x, v) C_q(v) \quad (10)$$

同理,本文用 $C_{ST}(x)$ 描述以像素 x 为根节点的子树 $ST(x)$ 上汇聚的代价和,则节点的父节点 $Q(x)$ 为:

$$\begin{aligned} C_{ST}(x) &= \sum_{v \in ST(x)} S(x, v) C_q(v) \\ &= C_q(x) + \sum_{v'' \in ST(x)} S(x, v') C_q(v'') \\ &= C_q(x) + \sum_{v'' \in ST(x)} S(x, v') S(v', v'') C_q(v'') \\ &= C_q(x) + \sum_{Q(v')=x} S(x, v') \sum_{v'' \in ST(v')} S(v', v'') C_q(v'') \\ &= C_q(x) + \sum_{Q(v')=x} S(x, v') C_{ST}(v') \end{aligned} \quad (11)$$

利用子树上的父节点进行层层递进设计,利用式(12)建立最小灰度差树模型。

$$C_{ST}(x) = C_q(x) + \sum_{Q(v')=x} S(x,v')C_{ST}(v') \quad (12)$$

2.3.3 视觉传感网络中身份特征自适应识别算法改进的实现

利用第 2.3.2 节建立的最小灰度差树模型对匹配代价进行汇聚后,分别对视觉传感网络中待识别图像和指定图像的相似度进行计算,并用最近邻获取身份特征自适应识别结果。

通过求和获取整幅待识别图像(尺寸为 $h \cdot v$)的匹配代价,同时对其进行归一化处理,最终获取一个图像的匹配代价(matching cost, MC),通过该匹配代价对两幅图像的相似度进行计算。

$$MC(I, I') = \sum_h \sum_w C_T(x) / (h \cdot w) \quad (13)$$

得到两幅图像的相似度计算结果后,直接采用最近邻匹配,获取与视觉传感网络的注册图库中最小匹配代价对应的图像身份,将其看作待识别身份,实现视觉传感网络中身份特征自适应识别。

3 仿真实验结果与分析

为了验证本文提出的基于改进最小灰度差树的视觉传感网络中身份特征自适应识别算法的有效性及其可行性,需要进行相关的实验分析,将参考文献[7]提出的传统基于掌纹和人脸特征的视觉传感网络身份识别算法作为对照。

本文将专门为表情和光照变化设计的 AR 人脸数据库作为样本进行实验。该数据库中的每个人均存在 7 张人脸图像,如图 2 所示,图 2(a)描述的是 1 张中性无变量干扰的图像,图 2(b)描述的是 3 张带有表情变量的图像,图 2(c)描述的是 3 张带有光照变量的图像。

实验采用了数据库提供的标准图像集合,共含有 150 个

人,将每个人的中性人脸图像作为视觉传感网络中的注册图像,将其余 3 个表情变量与 3 个光照变量图像作为探测图像集(probe images set)。采集的特征见表 1。

表 1 标准人脸的几何特征

特征	几何特点	测量值
F1	里外眼点宽度/cm	3.8
F2	里眼点间隔距离/cm	4.1
F3	外眼点间隔/cm	10.5
F4	鼻子的高度/cm	1.5
F5	左右鼻翼鼻尖角度	117°
F6	左右里眼点和鼻尖角度	33°
F7	左右眼外眼点、鼻尖间的角度	64°
F8	鼻尖和嘴角左右边点构成的角度	72°
F9	鼻子体积/cm ³	7.7

在获取准确的人脸几何特点之后,需要对不一样表情下的人脸几何特点进行收集,详细的表情转变状况见表 2。

表 2 三维人脸模型几何特点获取

特征	微笑	沮丧	撇嘴	鼓腮
△F1/cm	0.8	1.6	0.3	0.1
△F2/cm	0.6	1.7	0.1	0.2
△F3/cm	3.7	2.9	0.5	0.2
△F4/cm	0.2	0.1	0	0
△F5	7°	7°	0	0
△F6	3°	9°	3°	3°
△F7	23°	7°	4°	4°
△F8	43°	27°	27°	27°
△F9/cm ³	3	2.4	0	0
几何相似度	0.57	0.44	0.62	0.54
关联相似度	0.62	0.73	0.61	0.58

构建的三维人脸模型分表带有不一样的表情,这些表情都能干扰到三维几何特点获取的正确性,通过不一样的三维人脸表情,来证明本文算法的实用性。



图 2 AR 数据库中 1 个人不同变量下的人脸图像



表 3 AR 数据库上两种识别算法的准确率比较结果

实验次数/次	本文算法			基于掌纹和人脸特征的识别算法		
	表情变化	光照变化	总体识别准确率	表情变化	光照变化	总体识别准确率
1	91.5%	92.3%	91.7%	81.6%	76.5%	78.9%
2	92.4%	94.1%	93.8%	72.9%	69.7%	71.3%
3	94.5%	91.6%	92.6%	74.6%	72.6%	73.5%
4	93.7%	98.2%	95.9%	71.8%	75.9%	73.6%
5	97.5%	96.6%	97.1%	64.7%	66.8%	66.9%
6	96.8%	97.1%	97%	69.2%	71.3%	70.8%
7	98.4%	95.4%	96.8%	52.4%	61.1%	58.8%

分别采用本文方法和参考文献[7]提出的基于掌纹和人脸特征的识别算法对上述数据集中的图像进行身份特征识别,两种方法的识别准确率见表3。

分析表3可以看出,本文算法不管是在表情变化还是在光照变化的情况下,均可达到很高的识别准确率,而基于掌纹和人脸特征的识别算法在光照和表情发生变化时,识别准确率发生了很大的改变,说明本文算法在不同变量情况下的表现均非常稳定,这些特性对于视觉传感网络中身份特征识别的有效实现十分关键。

为了进一步证明本文算法的有效性,在上述实验的基础上,对两种算法的性能细节进行统计比较,得到的结果见表4。

表 4 两种算法性能的细节比较

变量类型	本文算法的识别准确率	基于掌纹和人脸特征算法的识别准确率
高兴	100%	82%
难过	98%	75%
惊讶	95%	60%
光源 1	97%	79%
光源 2	97%	68%
光源 3	91%	61%

分析表4可以看出,在基于掌纹和人脸特征的识别算法识别准确率最低的惊讶表情下,本文算法的识别准确度依旧很高,不仅如此,在上述几种变量下,本文算法的识别准确率一直高于基于掌纹和人脸特征的识别算法识别准确率,更加证明了本文算法的有效性。

4 结束语

针对传统的身份特征识别算法的弊端,提出了一种基于改进最小灰度差树的视觉传感网络中的身份特征自适

应识别算法,并通过仿真实验证明了该算法具有很高的身份识别精度。

参考文献:

- [1] 张善文, 张传雷, 黄文准. 基于最大最小判别映射的煤矿井下人员身份鉴别方法[J]. 煤炭学报, 2013(38): 1894-1899.
ZHANG S W, ZHANG C L, HUANG W Z. Personnel identification in mine underground based on maximin discriminant projection [J]. Journal of China Coal Society, 2013(38): 1894-1899.
- [2] 龙毅宏, 唐志红, 王亚龙, 等. 面向 HTTP 身份鉴别协议的单点登录透明集成技术研究 [J]. 计算机应用研究, 2013(30): 2813-2818.
LONG Y H, TANG Z H, WANG Y L, et al. Single sign-on transparent integration technology for web systems with HTTP authentication protocols [J]. Application Research of Computers, 2013(30): 2813-2818.
- [3] 任成娟. 基于 LPP_SIFT 和巴氏距离相结合的人脸识别算法[J]. 电子设计工程, 2015, 23(2): 35-37.
REN C J. Face recognition based on LPP_SIFT and Bhattacharyya distance[J]. Electronic Design Engineering, 2015, 23(2): 35-37.
- [4] 徐丰. 基于声音与指纹特征融合聚类的身份识别系统[J]. 电子制作, 2013(15): 50.
XU F. Personal identification based on multi-biometrics feature[J]. Practical Electronics, 2013(15): 50.
- [5] 唐源江, 曹雯静, 吴坤林. 基于 SRAP 标记的国兰种质资源遗传多样性分析及分子身份证构建 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(9): 1795-1806.
TANG Y J, CAO W J, WU K L. Genetic diversity analysis and molecular identification card construction of Chinese cymbidium germplasms based on SRAP markers [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(9): 1795-1806.
- [6] 胡朝辉, 梁智强. 电力信息系统身份鉴别技术的研究[J]. 计算机应用与软件, 2013(12): 318-321.

HU C H, LIANG Z Q. Research on authentication technique in electric power information system[J]. Computer Applications and Software, 2013(12): 318-321.

- [7] 刘莎, 朱淑华. 在多服务器环境下的双因素动态身份鉴别方案[J]. 计算机应用研究, 2015(32): 1119-1122.

LIU S, ZHU S H. Novel two-factor dynamic identity based remote user authentication scheme for multi-server environment [J]. Application Research of Computers, 2015(32): 1119-1122.

- [8] 李晨, 张功萱, 岳宝玲, 等. 一种基于条件随机场的击键特征身份鉴别方法[J]. 计算机应用研究, 2014(31): 2112-2115.

LI C, ZHANG G X, YUE B L, et al. Keystroke dynamics based user authentication using conditional random fields [J]. Application Research of Computers, 2014(31): 2112-2115.

- [9] 赵东杰, 汪同庆. 基于深度信息的快速身份识别方法[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(11): 132-135.

ZHAO D J, WANG T Q. Rapid person identification method based on depth information[J]. Computer Systems & Applications, 2014, 23(11): 132-135.

- [10] 高超, 张天骐, 吴旺军, 等. CDMA2000 用户身份识别方法的研究[J]. 科学技术与工程, 2014(14): 80-83.

GAO C, ZHANG T Q, WU W J, et al. Research on identification of CDMA2000 user's identity [J]. Science Technology and Engineering, 2014(14): 80-83.

[作者简介]



李娜(1976-),女,石家庄铁道大学四方学院讲师,主要研究方向为图像处理。



张晓宁(1981-),女,石家庄铁道大学四方学院讲师,主要研究方向为数据库应用。



朱芳娥(1983-),女,石家庄铁道大学四方学院工程师,主要研究方向为数据库应用。