

手掌活体检测——实验报告

马栩杰, 严靖凯, 黄秀峰, 邢成 *

2017 年 6 月 1 日

1 背景介绍

目前随着机器学习、模式识别领域的迅速发展, 诸如人脸检测、指纹检测、掌纹检测等基于生物特征的个体识别方式正逐渐取得广泛的应用。与此同时, 正如 2017 年央视“3·15”晚会中所提及的, 针对这些特征的活体检测方法在当前越来越称为问题的核心之一。只有当识别系统具备了活体检测的能力, 才能避免攻击者通过事先获取的静态信息进行直接攻击, 从而大大增强识别系统的鲁棒性。

具体到掌纹时变与手掌活体的检测问题中, 我们需要验证检测系统中拍摄到的手掌是否为活体。关于这方面的文章目前很少, 因此我们也借鉴了部分人脸活体检测、指纹活体检测中的思路。

2 系统设计

手掌活体检测系统的整体结构如图 1 所示。

对于摄像头捕获到的单帧画面, 首先提取画面中心的物体, 然后取该物体的轮廓, 从轮廓上取出若干个显著的峰/谷点作为关键点, 将关键点与预先定义的手势模板中的关键点进行匹配。

判断画面中心物体是否为手掌的依据是关键点匹配成功的点数 N 大于阈值 $th_{num,1}$ (检测到点与模板关键点 基本匹配的匹配点数阈值), 并且中心物体的平均颜色接近肤色。

在此基础上, 如果匹配成功的关键点数量大于 $th_{num,2}$ (检测到点与模板关键点 完全匹配的匹配点数阈值), 则认为检测到物体的关键点与当前的模板完全匹配, 认为用户已经做出模板指示的手势, 此时更换模板, 并且提示用户做出下一个动作。

当用户连续完成若干个指示时, 就认为用户通过了活体检测。

活体检测过程的流程如图 2。

3 模块设计

3.1 中心物体提取

中心物体提取使用 Flood Fill 算法。

系统假设进行活体检测时, 用户的手掌位于画面中央。于是取画面的中心点为起始点, 以 4 邻域内像素的颜色变化是否小于阈值做为 Flood Fill 是否继续进行的判断依据, 执行 Flood Fill 算法, 提取出画面中心颜色相近的一块区域。

*马栩杰, 2014011085, 无 43 班; 严靖凯, 2014011192, 无 46 班; 黄秀峰, 2014011193, 无 46 班; 邢成, 2014011167, 无 46 班

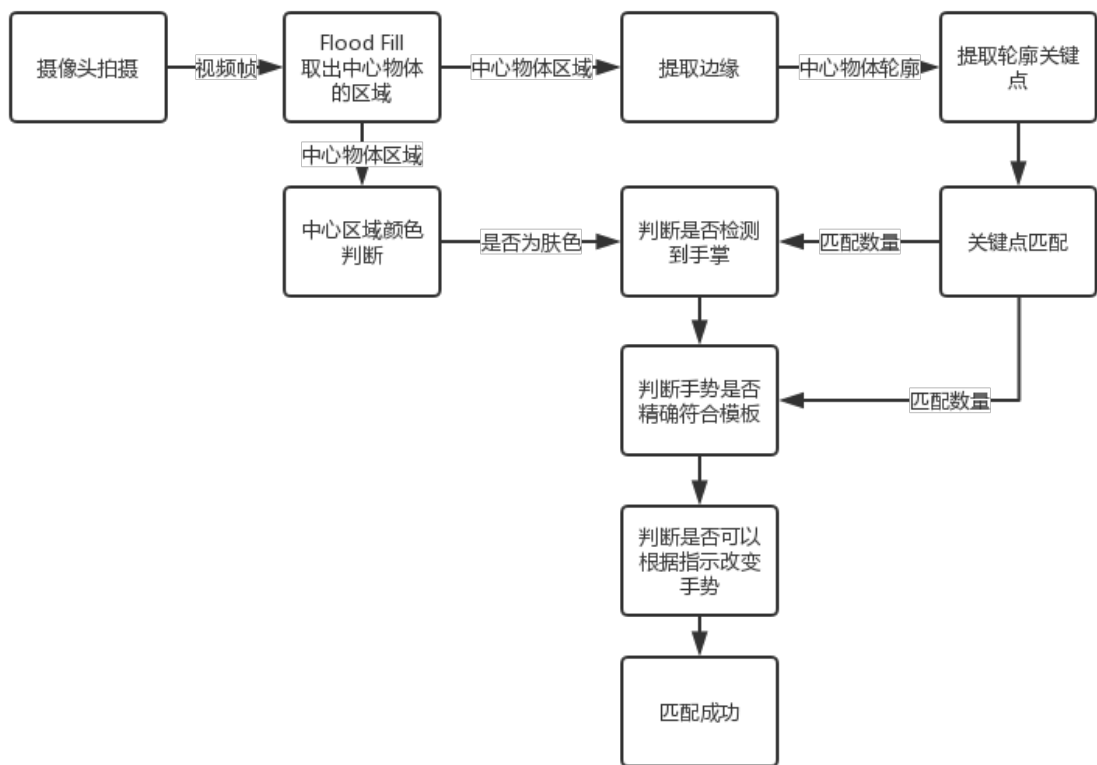


图 1: 系统整体结构

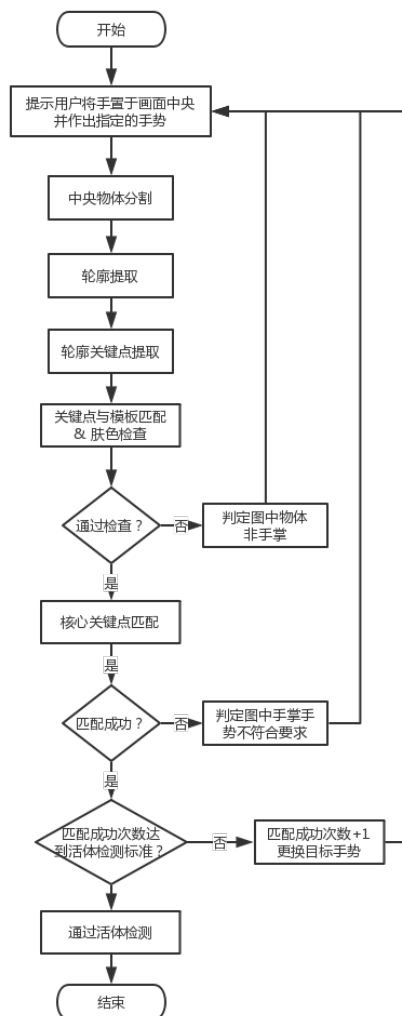


图 2: 活体检测流程

此时提取出的中心区域边缘有很多不平整的部分，先后执行形态学开运算和闭运算使得提取出的物体形状上更光滑。

3.2 边缘关键点提取

提取出中心物体之后，取出其轮廓点，并在轮廓点中选取关键点。

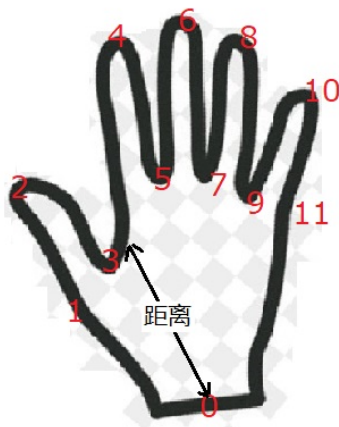


图 3: 关键点定义

关键点的定义如图 3 所示。

提取出中心物体的轮廓之后，按顺序计算轮廓上点到预定义模板关键点 0（手掌根部）的欧式距离。理想情况下，该距离函数至少会出现 5 个显著的峰值（指尖）和 4 个显著的谷值（指根）。取出距离函数中位于峰值和谷值位置的点作为轮廓上的关键点。此时对取出的关键点数量不做约束。

3.3 关键点匹配

在提取出关键点之后，将提取出的关键点和模板关键点进行配对。对检测到的关键点和模板关键点进行一次二分图匹配，将模板关键点与距离其最近的检测到的关键点配对。如果配对后的两点的欧式距离小于阈值，则认为该关键点对匹配成功。最终匹配出的关键点对应该不超过 9 个（图 3 中的关键点 2 到 10）。

4 实验

4.1 使用流程

首先在屏幕上会显示一个手掌模型，使用者需要用自己的手去贴合这个模型，当成功贴合会显示成功了多少次。（图 4）

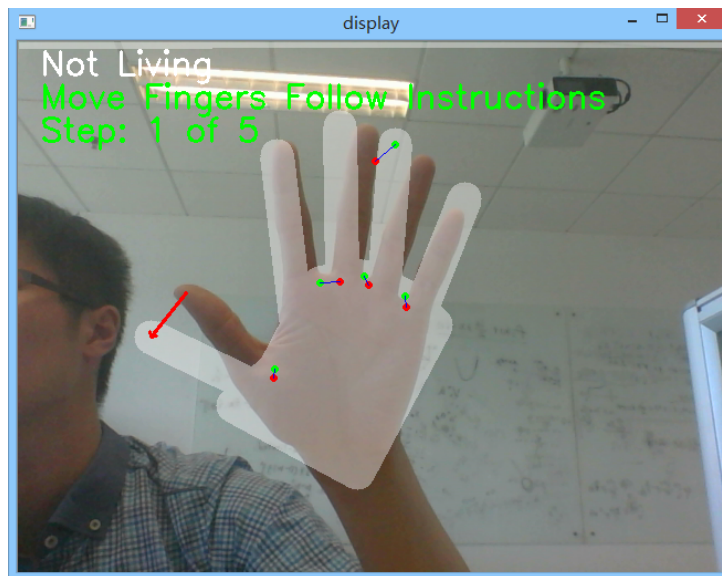


图 4: 第一次定义

每次成功后，手掌模型中会有一处变化（手指相对位置发生变化），需要移动手指来使重新贴合模型。（图 5）

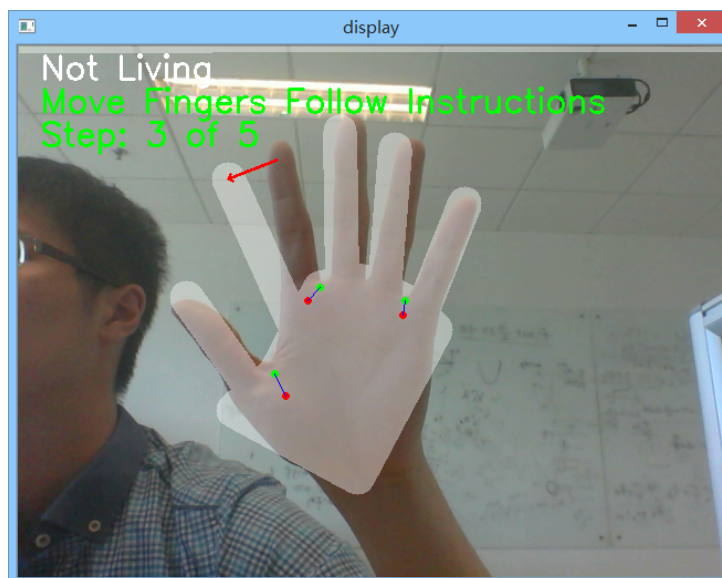


图 5: 第四次匹配成功

成功贴合模型五次后，系统便会认为这是活体，成功通过活体检测。（图 6）

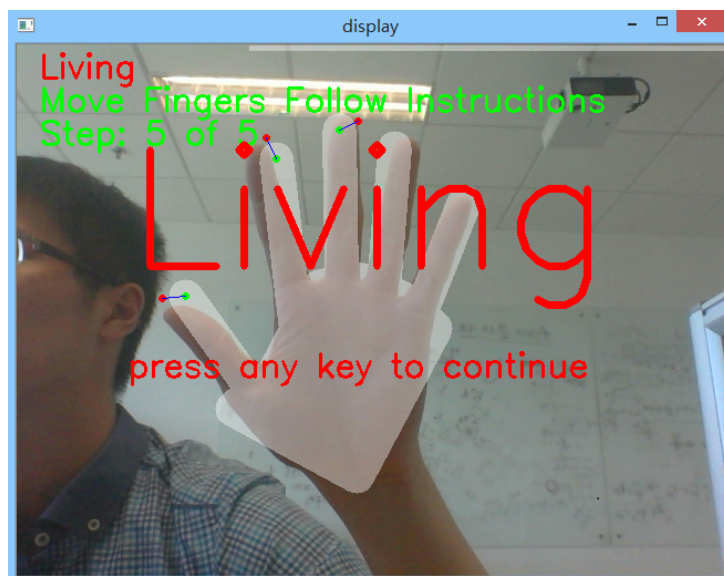


图 6: 通过活体检测

4.2 模拟攻击

如果使用非活体进行检测, 由于非活体无法自由改变手指位置, 所以难以连续通过五次测试。(图 7)

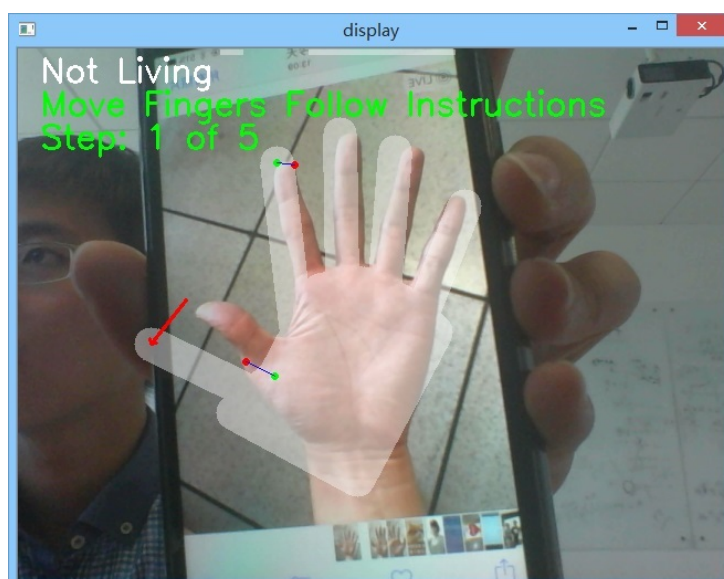


图 7: 非活体无法通过检测

5 系统评价

本系统可以较为有效地实现活体检测功能。活体手可以按照指示动作通过检测, 而图片上的手无法通过检测。实现活体检测功能的过程中, 我们实现了手掌位置检测、手掌边缘检测与背景分离、手掌关键点检测与匹配、基于连续帧的动作匹配。手掌位置检测与背景分离在背景与手掌差别较大

时效果很好，基于此我们可以得到较准确的手掌关键点用于检测和匹配。对于手掌与背景差别不大的情况，我们采取规定手掌位置的方法，来更好地检测手掌，提高系统的鲁棒性。由于动作匹配过程中的动作依靠图片无法完成，该系统对图片手掌的过滤效果也很好。

该活体检测系统的潜在缺点在于，在复杂背景环境中，关键点位置匹配成功数量较小，检测成功的阈值不能太大，因此检测时，做出与规定动作类似的动作也能通过，这也许会导致掌握算法的人投机通过测试。

对该系统进一步优化的方案有：

- 手掌位置检测可以通过多帧能量叠加或者先检测运动区域来优化；
- 边缘检测和背景分离对轮廓整体性（比如手指边缘与手掌多点距离的单调性）增加要求，减少边缘噪点带来的损失；
- 手掌关键点检测与匹配对关键点所在位置添加更多要求（如峰值和低值的像素尺寸要求）；
- 动作匹配在关键点准确且数量够的基础上可以更加严格。