

基于云计算的嵌入式人脸识别系统建构与研究

陆娇蓝, 陈军, 杨著

(西南科技大学 计算机科学与技术学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对嵌入式系统运算、存储资源有限等缺陷, 采用先进的 FaceCore 人脸检测开放平台构建一套基于云计算的嵌入式人脸图像处理系统; 通过高性能嵌入式平台接入图像采集设备采集图像信息, 然后将复杂的图像处理、检测、识别等算法转移到云平台进行, 实现人脸特征值检测、人脸特征点检测、人脸相似度检测、人脸匹配等功能, 减少了嵌入式系统的本地运算负担, 降低了嵌入式人脸检测、识别系统的软硬件成本; 最后通过对多个不同年龄、性别的人进行人脸检测识别、人脸和嘴的位置检测以及图像中人脸个数检测, 分别得到检测时间的平均值; 实验结果验证了构建基于云计算的嵌入式人脸识别实时系统的可行性, 系统的稳定性、可靠性, 并且与以前直接在本地进行计算做比较, 具有较高的实时性, 为未来嵌入式系统进行实时的图像处理提供了一种更有效的解决方案。

关键词: 云计算; 嵌入式系统; 人脸识别; 人脸特征值; 相似度检测; 人脸匹配

Cloud Computing-based Embedded Face Recognition System Construction and Research

Lu Jiaolan, Chen Jun, Yang Zhu

(College of Computer Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract: As for the defects of embedded systems computing and limited storage resources, I built a embedded face processing system based on a set of cloud computing by using the advanced FaceCore open platform. Firstly, capture the image information by image capturing device connected to the embedded platform. Then by transforming the complicated image processing, detection and recognition algorithms to the cloud platform, realize facial feature value detection, facial feature detection, face similarity detection, and face matching functions. Thirdly, reduce the burden on the local operation of embedded systems and reduce the cost of hardware and software for embedded face detection, identification systems. At last, we get an average detection time from detecting the position of human face, mouth and the number of faces in the image with different age, sex, recognition of people, the experimental results verify system stability, reliability and the feasibility of the construction of the embedded real-time face recognition system based on cloud computing, it has the high real-time performance compare to that on the local before, it provides a more effective way for the embedded system of real time image processing in the future.

Keywords: cloud computing; embedded system; face recognition; face value; similarity detection; face matching

0 引言

人脸识别是机器视觉、模式识别等基础研究领域的重要课题之一, 具有非常重要的研究价值和现实意义。同时, 随着科技和社会的进步, 人脸识别的应用领域不断扩展, 应用环境也在不断变化, 因此, 建立一套高可靠性并能针对不同环境应用的人脸识别系统具有潜在应用价值^[1]。

近年来, 人脸检测、识别技术不断发展进步, 检测的准确率也越来越高。2014年, Facebook 发布了另一套基于深度学习的人脸识别算法 DeepFace, 在 LFW 上取得了 97.35% 的识别率^[2]。不久后, 香港中文大学汤晓鸥教授领导的计算机视觉研究组开发了一个名为 DeepID 的深度学习模型, 在 LFW (Labeled Faces in the Wild) 数据库^[3]上获得了 99.15% 的识别率^[2]。介于该领域广阔的应用前景, 研究人员对人脸检测、识别进行了大量的研究, 然后又逐渐转移到性别年龄识别等复杂

算法的研究中^[4-7], 虽然这些算法在 PC 系统下通过高性能的 CPU 甚至 GPU 进行运算能够达到理想的性能要求^[8-11], 然而, 这些先进的算法和可喜的成果因为其运算的复杂性在嵌入式系统中还没有得到广泛的应用。

针对嵌入式系统资源有限和人脸检测运算的复杂之间的矛盾, 本文将嵌入式系统与人脸检测识别算法、人脸数据库存储分离开, 通过嵌入式系统进行人脸面部图像采样, 然后通过计算机网络传输到人脸检测云平台, 利用高准确率的检测算法实现快速人脸检测与识别, 并将检测的结果返回给嵌入式系统。系统实现了人脸特征值检测、人脸特征点检测、人脸相似度检测、人脸匹配等功能。

采用这种架构的应用比单纯的手机平台的应用大大提高了计算速度与用户体验, 并且降低了应用的开发难度, 具有较高的实际应用价值^[12]。

1 系统方案总体设计

按照系统总体设计方案, 系统主要由 3 个部分组成:

1) 嵌入式系统。根据系统设计要求, 嵌入式系统为整个系统的中心, 需要接入以太网以及图像采集设备。因此, 选用 ARM 架构的 s5pv210 嵌入式微处理器构建嵌入式平台。该处理器拥有丰富的外设接口且容易开发和调试, 不仅方便构建人脸识别系统, 而且便于对系统进行应用扩展。

2) 人脸检测云计算平台。FaceCore 人脸识别开放平台是

收稿日期: 2015-10-07; 修回日期: 2015-11-10。

基金项目: 西南科技大学大学生创新创业训练计划项目 (201410619037); 绵阳网络融合实验室开放基金项目 (12zxwk06)。

作者简介: 陆娇蓝 (1993-), 女, 广西人, 本科, 主要从事计算机应用技术方向的研究。

杨著 (1963-), 男, 四川人, 副教授, 主要从事嵌入式系统设计、计算机应用技术方向的研究。

基于人脸检测、比对核心业务的服务平台, 平台可为外部用户提供基于高精度人脸识别技术为基础的相关服务, 例如 Api、人脸识别、数据安全等。通过使用该平台, 可以将复杂的检测算法从嵌入式系统分离出来, 并像使用水、电一样方便。目前开放的业务接口主要包括三大类: 人脸比对接口、人脸数量检测接口、人脸特征检测接口。每个大类下又提供了不同的功能, 方便用户在不同应用场景下都能灵活选择并应用该云计算平台。

3) 图像采集设备。目前, 对图像采集设备没有特殊要求, 因此, 根据不同需要完成了两种摄像头的接入: USB 摄像头以及红外 CCD 摄像头。图像采集分辨率均为 352×288 , 测试结果表明: 针对这种分辨率图像能够满足检测要求。

根据系统组成描述, 由此得到系统的结构如图 1 所示。

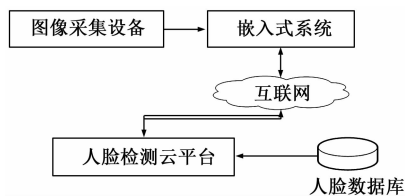


图 1 基于云计算的嵌入式人脸识别系统结构

2 人脸识别系统设计

在传统的人脸识别系统中, 硬件系统是实现所用功能的载体。然而, 在该系统中, 嵌入式硬件系统只作为整个系统的一个组成部分, 将图像采集设备接入嵌入式系统, 嵌入式系统通过网络和云计算平台进行数据交互。因此, 整个嵌入式人脸检测识别系统设计包括嵌入式系统硬件设计和软件系统设计。

除了上述描述的图像采集设备和以太网接口外, 系统还应该包含其他的辅助设备以实现用户交互、数据存储等。其硬件结构结构示意图如图 2 所示。

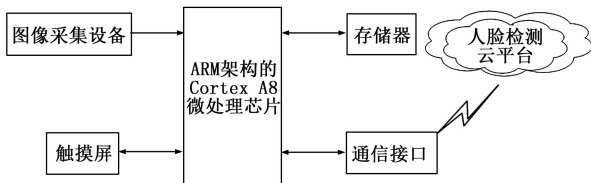


图 2 硬件结构示意图

2.1 系统硬件结构

微处理器芯片选择 ARM 架构的 S5PV210 微处理器, S5PV210 采用了 ARM CortexTM-A8 内核, 主频最高可达 1GHZ, 拥有 64/32 位内部总线结构, 32/32 KB 数据/指令一级缓存, 二级缓存 512 KB, 可以实现 2000DMIPS (每秒运算 2 亿条指令集) 的高性能运算能力, 基本满足本设计的要求。该芯片的框架如图 3 所示。图中主要标注了系统工作必不可少的接口 (如: 电源、时钟)、开发调试接口 (如: JTag 以及串口) 以及系统运行过程中使用到的接口。

2.2 人脸检测云平台接入建构及实现功能

要将人脸检测云平台接入到嵌入式系统中, 需要首先将嵌入式系统接入到因特网, 保证物理上及逻辑上的数据链路通畅。同时, 需要在 FaceCore 云平台注册, 并且为了保证检测成功率, 正式环境应用时请注册您自己的 appkey, 以保证您的 appkey 使用的是独立资源池, 而非共享资源池。

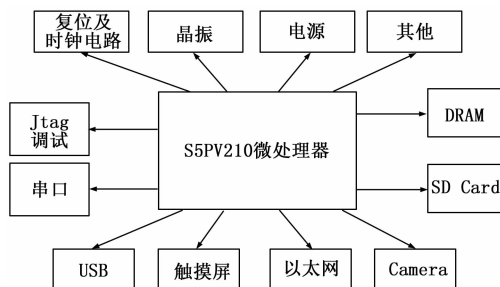


图 3 S5PV210 微处理器框架结构

该开放平台提供了多种不同的功能, 具体功能如图 4 所示。

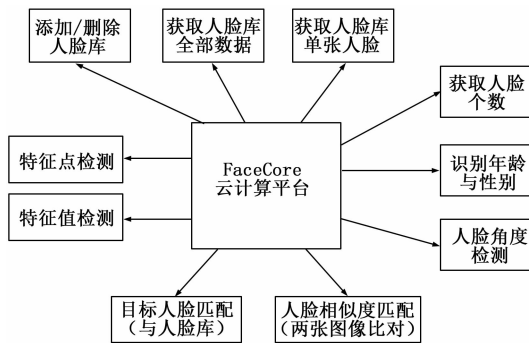


图 4 FaceCore 人脸检测云平台实现功能模块

应用程序在调用平台 API 时, 针对不同的功能需要提供不同的参数, 但是 appkey 是任何功能都必须提供的参数。该人脸检测云平台的 API 接口及请求参数如表 1 所示。

表 1 FaceCore 请求接口及请求参数

功能	请求接口	请求参数
获取人脸特征值	/api/facedetect? appkey = your key	图片的 base64 编码 (face-image)
人脸相似度	/api/facecompare? appkey = your key	两张图片的特征值 (facefeature1, facefeature2)
人脸特征点	/api/facepointsdetect? appkey = your key	图片的 base64 编码 (face-image)
人脸特征及年龄性别	/api/facedetectageandsex? appkey = your key	图片的 base64 编码 (face-image)
人脸角度	/api/faceanglesdetect? appkey = your key	图片的 base64 编码 (face-image)
人脸个数	/api/facecount? appkey = your key	图片的 base64 编码 (face-image)
添加/修改人脸	/api/personface? appkey = your key	人脸 id (faceid)、昵称特征值 (nick) 以及图片的 base64 编码 (base64image)
获取人脸库中与目标人脸一定相似度的人脸	/api/facecompare? appkey = /api/personface/similar? appkey = your key	人脸特征值 (base64feature)、阈值 (threshold) 以及返回人脸最大个数 (maxresult)
获取人脸库全部人脸	/api/personface/getall? appkey = your key	无
获取人脸库单张人脸	/api/personface/{ id }? appkey = your key	人脸 id (id)

注: 括号内为参数名称。

对于不同的请求类型, 检测平台返回相应的 JSON 数据, 通过解析该 JSON 数据就能得到想要的的结果。

2.3 软件系统设计

由于系统运行需要频繁地发送网络请求，和云计算平台进行数据交互，为防止网络传输过程中网络阻塞导致程序进入无限等待状态，系统采用多线程程序设计思想，在每次进行网络请求时都临时开辟线程对象，并在得到返回后通过消息机制通知主线程，让主线程解析返回结果并可视化反馈给用户，并释放网络请求线程资源。其网络请求数据交互模型如图 5 所示。

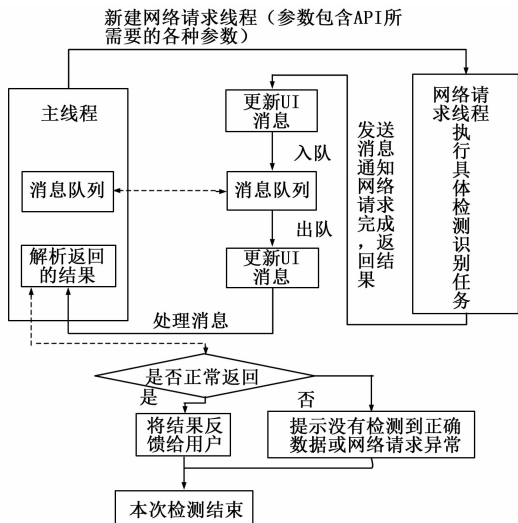


图 5 一次云平台网络请求模型

该系统主要检测的数据是本地 sdcard 存储的 jpg 图像或者从摄像头捕获图像。在从摄像头采集图像进行检测时，通过系统按钮可以选择进入不同的操作模式：拍照检测模式或实时检测模式。拍照检测和打开本地 sdcard 图像检测类似，其主要区别在于拍照检测是临时从摄像头捕获的图像，并存储在本地 sdcard 中，捕获到静态图像之后进行人脸检测，在检测到人脸后可以通过选择不同按钮继续获取不同特征或者将检测到的人脸提交到云平台人脸数据库中；然而，实时检测时是每秒从摄像头捕获一张图像并检测图像中存在人脸个数以及人脸的特征值，并通过文本方式反馈给用户。单张图像检测数据交互模型和图 5 相同，对于实时人脸检测，需要连续多次进行网络请求，其程序流程图如图 6 所示。

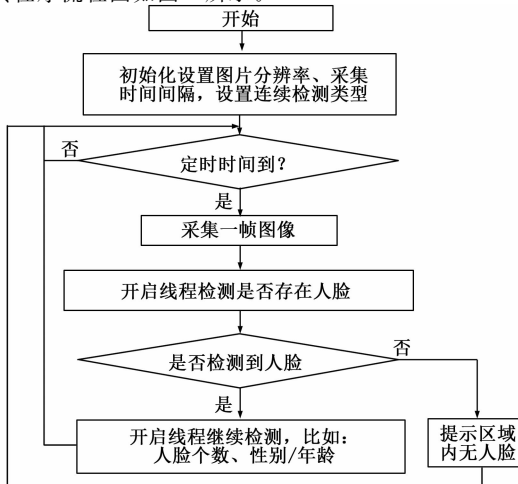


图 6 实时检测程序流程图

3 测试与分析

为验证系统功能，通过采集不同年龄、不同性别的人脸图像，进行系统测试，测试人数为 50 人，分别在每个人不同坐姿情况下，测试年龄、性别、人脸个数、检测人脸图像眼睛和嘴在整张图片中的位置以及它们平均检测时间，测试结果如表 2 所示。

表 2 系统功能测试结果

功能	测试结果	平均检测时间
年龄性别	性别检测正确率：100%，年龄检测存在较大误差	400 ms
眼睛、嘴位置	当人脸出于不同角度，仍然有较精确的检测结果	300 ms
人脸个数	图像中分别存在 3、4、5、6 个人，在没有遮挡的情况下，检测精度较高	350 ms

测试结果验证了通过云平台构建嵌入式人脸识别系统的可行性、系统的稳定性以及检测的实时性；同时，在未来不改变该系统的情况下，随着云平台检测精度的提高，系统的检测性能也会得到进一步提高。

4 结束语

该系统通过结合嵌入式处理系统与先进的 FaceCore 人脸检测开放平台，构建轻量级的人脸检测识别系统，减轻了嵌入式系统的运算负担，降低了嵌入式人脸识别系统的构建成本，实验结果验证了构建基于云计算的嵌入式人脸识别实时系统的可行性以及系统的稳定性和可靠性。下一步将在目前已取得研究成果的基础上采集更多的不同类型的图像，包括不同年龄、不同肤色的人脸图像，建立庞大的人脸数据库，验证该云计算平台检测的准确性，希望能够将该系统应用到多种应用领域。

参考文献：

- [1] 向 征. HOG 在人脸识别中的性能研究 [J]. 计算机工程, 2012 38 (15): 194 - 196.
- [2] 魏秀金. 红外条件下驾驶员疲劳驾驶检测 [D]. 浙江: 浙江理工大学, 2011.
- [3] Lior Wolf, Tal Hassner, Yaniv Taigman. Effective face recognition by combining multiple descriptors and learned background statistics [J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 2011.
- [4] 梁路宏, 艾海舟, 徐光祐, 等. 人脸检测研究综述 [J]. 计算机学报, 2002, 25 (5): 449.
- [5] 孙雯玉. 人脸表情识别算法研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2006.
- [6] 李武军, 王崇骏, 张 炜, 等. 人脸识别研究综述. 模式识别与人工智能, 2006, 19 (1): 58 - 65.
- [7] 谢春华. 基于人脸图像的年龄估计方法研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- [8] 贾海鹏, 张云泉, 袁 良, 等. 基于 OpenCL 的 Viola-Jones 人脸检测算法性能优化 [J]. 计算机学报, 2015, 38 (53): 1 - 13.
- [9] 刘 铎. 基于 CUDA 的实时人脸识别系统 [J]. 计算机与现代化, 2015 (6): 122 - 126.
- [10] 夏春芬. 基于 GPU 高性能计算的人脸表情识别算法的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [11] 傅俊康. GPU 加速的若干 3D 人脸分析与识别算法 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [12] 李二郎. 基于云计算的手机移动端人脸图像解析系统 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.