

面向公共安全数据处理的浪涌模型研究应用

高 迪¹ 徐 峥² 刘云淮³

(北京市公安局网络安全保卫总队(情报信息中心) 北京 100084)¹

(公安部第三研究所物联网中心 上海 201142)² (北京大数据研究院 北京 100871)³

摘 要 近年来,随着平安城市和智慧城市项目的建设和发展,视频监控系统已经成为公安机关治安管控、打击犯罪、预防应急突发事件的有效手段。随着网络通信技术的迅速发展以及移动智能终端(如智能手机、平板电脑等)的快速普及,智能终端已经普遍携带视频监控、音频、加速传感器等感知设备。部分高端智能终端所能携带的视频设备已经超过部分低端的视频监控设备。智能终端的大量普及使得构建以人为中心的感知与计算网络成为可能。对不同信息空间的信息进行有效融合,可以加强对于公共安全事件的有效感知与检测。针对公共安全事件多源信息的融合问题,提出了数据浪涌模型,并对该模型进行了定义。同时利用该模型对人证合一系统进行了实例验证。开发的人证合一系统已经应用于北京市的多个长途车站与火车站。

关键词 公共安全,数据融合,浪涌模型

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

Data Surge Models for Public Security Data Processing and Its Application in Unity of Security System

GAO Di¹ XU Zheng² LIU Yun-huai³

(Beijing Municipal Public Security Bureau, Beijing 100084, China)¹

(Department of Internet of Things, The Third Research Institute of the Ministry of Public Security, Shanghai 201142, China)²

(Beijing Institute of Big Data Research, Beijing 1000871, China)³

Abstract In recent years, with the construction and development of the intelligent City project and safe city, video surveillance systems have become a efficient way of public security authority security control, combating crime, and preventing emergency incidents. With the rapid development of network communication technology and mobile intelligent terminals (such as smart phones, tablets, etc), the rapid proliferation of smart terminals has carried sensing devices such as video surveillance, audio, speed sensors and so on. Video equipment parts in high-end smart terminal can carry over parts of the low-end of video surveillance equipment. Intelligent terminal mass popularity makes building a people-centric sensing and computing networks possible in order to achieve the perfect fusion of the physical world and the digital world. Effective integration of different information spaces of information can enhance public safety and effective sensing and detection. According to the multi-source information fusion of public safety incidents, surge of data model was proposed, and the model was defined. And witness in one system by the model was verified. The unity of witness systems have been developed in several Beijing bus stations and train stations.

Keywords Public safety, Data fusion, Surge models

1 引言

近年来,随着平安城市和智慧城市项目的建设和发展,视频监控系统已经成为公安机关治安管控、打击犯罪以及预防应急突发事件的有效手段。截止到 2012 年年底,全国已经建成超过 2000 万的视频监控设备,其中直接接入公安机关的视频监控设备在 300 万以上,95% 以上的刑事侦查案件都会涉及到视频监控设备。然而,专用的视频监控设备成本高昂,普通视频监控设备平均 6 万元人民币/每点,高清设备 10 万元人民币/每点。目前视频监控系统的进一步发展遭遇极大的成本瓶颈,无法做到更大范围的普及,因此需要技术上的根本突破以大幅度降低建设和维护成本。随着网络通信技术的迅速发展以及移动智能终端(如智能手机、平板电脑等)的快

速普及,智能终端已经普遍携带视频监控、音频、加速传感器等感知设备。部分高端智能终端所能携带的视频设备已经超过部分低端的视频监控设备。智能终端的大量普及使得构建以人为中心的感知与计算网络成为可能。对不同信息空间的信息进行有效融合,可以加强对于公共安全事件的有效感知与检测。

近年来,物联网引起了世界各国的广泛关注,被称为下一个万亿级的产业,市场前景将远远超过计算机、互联网、移动通信等。继计算机、互联网之后,物联网引领了信息产业发展的又一次浪潮。世界各科技强国都将物联网放到未来发展战略中的重要位置,投入巨资深入研究探索,积极抢占物联网发展制高点,培育新的经济增长点。城市感知是物联网在城市范围的重要表现形式。随着网络通信技术的迅速发展以及移

高 迪(1979—),男,主要研究方向为公共安全;徐 峥(1984—),男,博士,助理研究员,主要研究方向为视频监控、公安大数据, E-mail: xuzhen@shu.edu.cn(通信作者);刘云淮(1977—),男,博士,研究员,主要研究方向为视频监控、公安大数据。

动智能终端(如智能手机、平板电脑等)的快速普及,智能终端已经普遍携带视频监控、音频、加速传感器等感知设备。智能终端在城市的大量普及使得构建以人为中心的城市感知与计算网络成为可能。大规模城市感知计算中的感知节点(包括移动智能终端、城市中覆盖的固定摄像机等)获取的信息一般都体量浩大、模态繁多、生成快速、价值巨大,有非常明显的大数据的特点。

大数据计算是国家维稳和公共安全的有力保障。城市感知大数据计算是有国家战略意义的新兴产业。大数据计算正受到政府的高度关注,而面向大规模城市管理的城市大数据计算正是国家迫切需求的产业方向。《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》提出支持海量数据存储、处理技术的研发与产业化;2013年4月10日,工业和信息化部副部长杨学山在举行的新一代信息技术产业发展高峰论坛上指出,信息技术已经在快速的轨道上发展了几十年,未来还将在网络技术、大数据技术、显示和感应技术等引领下继续快速发展,信息技术在已经对经济社会发展做出重要贡献的基础上,未来还必然在经济社会发展特别是加快发展方式的转变上产生更加深刻广泛的影响;《物联网“十二五”发展规划》中也将信息处理技术列为4项关键技术创新工程之一,其中包括海量数据存储、数据挖掘、图像视频智能分析,另外3项关键技术创新工程包括信息感知技术、信息传输技术、信息安全技术,这些也是大数据产业的重要组成部分,与大数据产业发展密切相关。城市感知大数据计算的发展对我国公共安全、社会稳定、国家战略等诸多方面的发展有重大影响。

本文针对公共安全事件多源信息的融合问题,提出了数据浪涌模型,并对该模型进行了定义。另外还利用该模型对人证合一系统进行了实例验证。开发的人证合一系统已经应用于北京市的多个长途车站与火车站。

2 相关工作

物联网发展到今天,对透彻感知的需求越来越强烈,而随着无线通信和传感器技术的进步,市场上的智能手机、平板电脑、车载感知设备等移动终端集成了越来越多的传感器,拥有越来越强大的感知、存储、通信和计算能力。随着这些无线移动终端设备的爆炸式普及,物联网将通过利用这些普适的移动设备来提供更大规模的、更复杂的、透彻而全面的感知服务,从而进入一个全新的发展时代^[1]。近年来,学者们将“众包”的思想与移动感知相结合,将普通用户的移动设备作为基本感知单元,通过移动互联网进行有意识或无意识的协作,形成“群智感知网络”^[2],实现感知任务分发与感知数据收集,完成大规模的、复杂的城市感知任务。

我国政府也高度重视物联网的研究和发展。2009年8月7日,时任国务院总理温家宝在无锡视察时发表重要讲话,提出“感知中国”的战略构想,表示中国要抓住机遇,须大力发展物联网技术。2009年11月3日,温家宝总理向首都科技界发表了题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话,再次强调科学选择新兴战略性新兴产业非常重要,并指示要着力突破传感网、物联网关键技术。《物联网“十二五”发展规划》、《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》等一系列政策密集出台支持我国物联网的发展。

与传统的无线传感器网络或视频监控系统相比,群智感知网络的感知节点数量更大、范围更广,产生的感知数据规模

更大、关联更多且呈现碎片化的特点,并且由于人的参与,引起一系列新的挑战,包括数据收集、资源限制、数据质量管理、大数据分析和处理、隐私、安全、激励机制等问题。近年来,国际学术界陆续在IEEE系列会议(INFOCOM和IPSN等)与ACM系列会议(MobiCom, UbiComp, MobiSys, SenSys等)发表了一些重要研究成果。IEEE于2011年开始组织移动感知研讨会(International Workshop on Mobile Sensing)。2012年ACM发起了群智感知研讨会(ACM International Workshop on Multimodal Crowd Sensing)交流相关领域研究成果。IBM研究院^[2]、微软研究院^[3]、美国麻省理工学院^[4]、普林斯顿大学^[5]、南加利福尼亚大学^[6]、马萨诸塞大学^[7]、亚利桑那州立大学^[8]、英国剑桥大学^[9]、南安普顿大学^[10]、加拿大的纽芬兰纪念大学^[11]、新加坡的南洋理工大学^[12]、管理大学^[13]等纷纷启动了移动社交感知相应的科研计划。我国学者也非常重视该领域的研究,北京邮电大学^[14]、清华大学^[15]、西北工业大学^[16]等较早地开展了该领域的探索和相关研究。

3 数据浪涌模型

3.1 公共安全数据面临的挑战

针对公共安全事件来源多、数据种类多样、数据范围广等特点,我们认为有以下几个挑战。

(1)公共安全事件多源异构数据的感知能力不足。固定部署的监控设备的感知模式的不足为公共安全大数据计算带来了诸多挑战:1)感知网络的感知节点数量更大、类型更多、范围更广,感知数据的传输方式更多样,具有形成节点广泛参与、感知内容丰富、具有可扩展性的低成本、全覆盖的感知网络的巨大潜力;2)感知节点之间通常是松耦合的,具体表现为由于节点资源受限导致参与意愿较低,由于节点无意识和非专业导致感知数据冗余低质,由于联网通讯手段的多样化和动态性导致数据传输效率不高,由于节点分布式部署导致缺乏有效的协同资源优化机制。因此,公共安全大数据计算面临的一个难题是:如何解决节点参与意愿低、感知数据冗余低质、传输效率不高、缺乏有效的协同资源优化机制与数据的广泛获取之间的矛盾。

(2)海量多模公共安全数据的交叉认知能力不足。1)公共安全大数据具有多模态特征,其既包含结构化数据,又包含更多的非结构化数据和半结构化数据;2)公共安全大数据具有多关联特征,包括时间关联、空间关联、逻辑关联等,这些特点加大了表示和管理海量的多模态数据的难度,影响了对媒体数据理解的有效性和准确性,降低了公共安全大数据利用的效率。传统的数据管理和分析技术主要针对单一的结构化数据,难以表示多模态的数据以及刻画它们之间的关联性,面临认知深度与分析效率的双重挑战。因此,公共安全大数据计算面临的一个难题是如何对海量的多模态数据进行表示和管理,如何分析和发现数据之间的多种关联,为之后的综合价值利用做好准备。

(3)公共安全大数据的价值聚合能力不足。在复杂的城市环境中,公共安全大数据呈现显著的碎片化特征,这些信息微观上是相互独立碎片化的信息,对用户来说不具有较大的价值。然而,这些信息宏观上是相互关联的,是对某个特定环境或事物的融合聚集与结构化描述,是集体智慧的体现。需要建立碎片化信息的深层次融合与聚集计算,实现从碎片化信息到群智信息的转换,从而对城市公共安全事件实现快速、全面、完整、正确的认知及把握。需要研究基于碎片化信息的

公共安全事件场景重建方法,克服现有方法的技术瓶颈,充分利用群智感知网络所采集的交叉感知信息,最终全面完整地重建公共安全事件场景。因此,公共安全大数据计算面临的一个难题是如何通过提出价值统一表达、融合聚集、高效整合等方法,形成碎片化信息的价值聚合机理,解决碎片化信息的价值重构问题。

3.2 数据浪涌模型的基本概念与特征

数据浪涌:单个数据浪涌可以看作是某个体、某群体、某事件的数据集。这些数据围绕某个特定的个体、群体、事件等进行描述。数据可以来自不同的数据源,例如手机端、视频监控端等。

浪涌时效性:数据浪涌并不是一直存在的,具有时效性,在某些时间内才存在数据浪涌,大部分的时间数据是稳定的,不存在浪涌。因此数据浪涌出现的时效性是进行公共安全事件检测的重要时间阈值。

浪涌联通:数据浪涌是指浪尖到涌底是上下联通的,可以看作数据集内部的上下联通。单个浪涌内的数据是具有关联性的。

浪涌高度:海平面以上浪尖的高度取决于海平面以下涌底的深度,可以看作事件的表象数据取决于内部的数据结构。浪涌的高度可以看作数据的量,而浪尖的高度可以看作异常数据的量,对于浪尖的检测可以看作公共安全事件异常数据的检测。

浪涌分隔线:海平面和数据采集瓶颈线具有时效性,是表象数据和深层数据的分隔线。

浪涌孤岛:在海平面和瓶颈线以上,数据集与数据集之间互为孤岛。这些数据互不联通。

浪涌关联性:浪涌的底部和深层数据之间具有连通性。

浪涌瓶颈线:数据采集的维度与瓶颈线的高度成反比。超过瓶颈线,数据采集的维度就会变少,因为数据之间没有关联。只有多维度采集和数据挖掘才能突破数据采集瓶颈线达到数据的底部,从而实现数据之间的多维度关联。

浪涌稀疏度:数据更新的密度越高,数据占有量就越大,数据的关联性越强,少量的直接可见数据的采集即可支撑数据采集瓶颈线的突破。理想的信息化体系的数据采集模式应该是数据采集瓶颈线与数据联通点的连线重合。

4 面向公共安全的人证合一系统

4.1 子系统示例

人证合一系统主要针对核心行政区、政府部门、交通集散地等场所进行实时视频流的重点人员布控。根据各布控点的实际需求,对重点人员按照该场所安保的具体要求进行有选择的分库和入库操作,以提高布控系统实时响应的速度,降低虚警率,切实提高系统效能,有效预警,服务实战。其主要包含以下应用子系统。

(1) 通道式人证合一验证、视频布控系统

该系统主要部署于重要场所的通道式通行环境,可与行李安检通道等集成。系统具有人证合一性验证和视频布控两大功能,可以根据实际情况进行功能切换:

1) 通行人员携带身份证件时,在右手侧身份证阅读器上进行自助刷卡,如身份证内电子照片与现场监控照片满足同一性要求,则被放行,否则系统报警;

2) 通行人员未携带身份证件时,通行时按动右手侧按钮,启动动态布控功能,系统将当前人员现场的监控照片和后台

重点人员照片进行比对,若是库内人员,则预警,否则放行。

(2) 人员身份图像信息采集系统

该系统主要部署于通道式场景,现场布设闸机,闸机前方布设多个摄像头,闸机上集成身份证阅读器。人员通行时自助刷卡通行,刷卡信号触发摄像机抓拍,可以同时抓拍到多角度的人像,同身份证件电子照片及其他身份信息形成绑定。这种多角度的现场人像照片能够极大程度地还原实际监控场景下人员通行时的抓拍照片,具有光照、角度、部分遮挡等多变性,能够为深度学习系统提供优质训练样本,有助于建立符合实战科学公正的人脸识别技术的评测规范。

4.2 系统的基本方案

基于以上设计要求,项目主要包括以下设备和应用系统(平台):

1) 人-证合一多人像采集验证设备

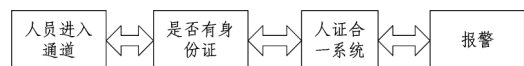


图1 人证合一验证及动态视频系统工作流程图

对于交通集散中心等具有票务信息的重要场所,以上设备和系统保留功能模块的应用接口,在后续工程中可以通过安全网关和公安部重点库以及票务信息系统进行对接,实现现场照片、身份信息、票务信息的智能关联和实时碰撞比对。系统的拓扑结构如图2所示。

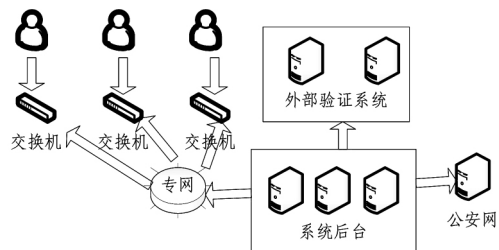


图2 人-证合一多人像采集系统拓扑结构

系统信息流向如图3所示。

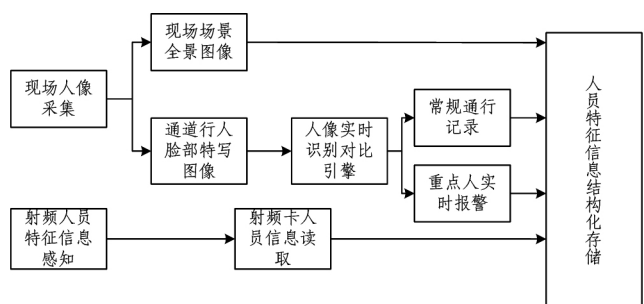


图3 系统信息流向图

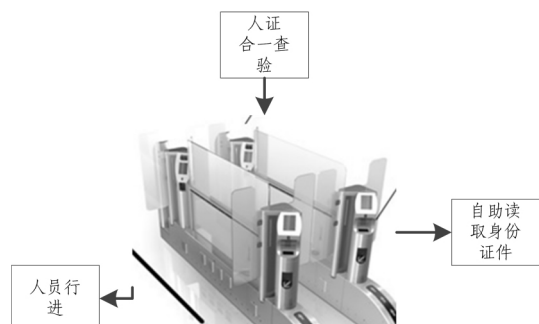


图4 人-证合一多人像采集设备通道式简易门式

待检验区自主通关设备一般安放在大厅室外进口通道

处,设备上安装有摄像头和身份证识读器,设备通过管理服务平台与重点人员库和票务信息系统进行对接,可以对人员身份信息和票务信息进行实时查验比对,用于自主通关(第一道卡口),此环节进行人-证合一验证。可以根据候车大厅室外空间大小,采用如图4所示的通道式设备或简易式门式设备。

在行李安检处布置人像采集识别系统作为第二道关口(见图5),在严格按照以上标准完成实施后,人像比对系统可以采集到清晰的人员面部特征,如图6所示。

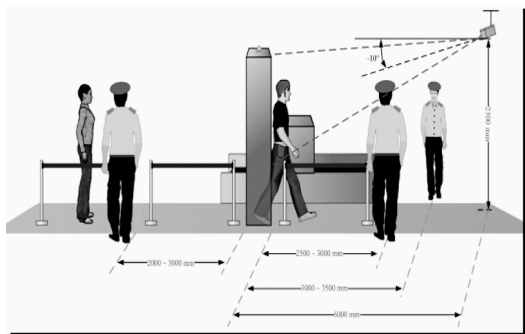


图5 行李安检处人像比对卡口示意图



图6 人像采集系统界面示意图

4.3 系统技术实施方案

从功能上来看,人脸识别系统是基于终端摄像头的一种身份验证技术,其核心为人脸识别技术。它通过终端摄像头视频画面截取当前使用者的人脸图像,并通过http框架协议上传到服务器和入库照片进行比对,确认使用者的身份。用户在进入登录界面时,终端将自动通过摄像头将用户图像传入服务器的人脸识别系统;同时,用户登录ID也将传回后台,服务器端的人脸识别系统根据用户ID调用用户的入库照片和当前照片进行人脸特征的分析鉴定,确定用户是否合法,从而对用户登录请求放行或拒绝。

人脸验证系统输入两张人脸照片,系统给出这两张脸的相似度,如相似度大于某个阈值,则系统认为这两个人属于同一个人,否则认为这两个人属于不同人。人证合一性验证属于人脸验证技术范畴的具体应用,用于比对身份证内存储的电子照片和现场监控人像照片。

对于人证合一验证系统,通行人员自主刷卡时,身份证内的电子照片和身份证号会被自动识读,并与现场的监控摄像头捕捉的人脸图像进行比对。由于刷卡即可获得行人的身份证号(ID)和身份证电子照片,因而离线即可比对,系统无需登录到远程服务器获取当前人员的人像库照片。

利用人脸识别技术和二代证,我们可以从技术上解决两个主要问题:1)利用二代证芯片读取技术解决假证泛滥、身份登记单位无法验证真伪的问题;2)利用人脸识别技术解决冒名顶替、人证不符、身份登记单位难辨的问题。

在实际应用中,考虑到身份证电子照片的分辨率只有 102×126 ,为了提高二代证芯片读取照片与现场摄像头采集照片的验证性能,专门优化了人脸验证算法,通过采用人脸超分辨率重建技术,对二代证芯片照片进行超分辨率重建,利用重建后的人脸图像进行人脸识别,实验表明验证性能较现有算法有较大提升。其主要功能模块如下。

1) 人脸图片的采集上传

将自动导入注册模块上传给管理平台,管理员核实批准用户身份后,用户现场正面清晰的人像照片和电子身份证照片进入数据库,用于重要场所进出时的人像比对及准入(白名单机制)。同理,对重点人员进行人像采集,并实施布控重点人员的出现情况,即为黑名单机制。系统操作员可以通过终端摄像头采集卡口通行人员正面脸部清晰照并上传至服务器,也可以将本地存储的人员证件照上传(要求照片像素大于 400×400 ,免冠正面照)。为提高登录系统的人像验证成功率,人脸识别模块采用多特征融合算法,系统支持同一人的多张正面清晰照的上传。

2) 人脸的建模与检索

可以将登记入库的人像数据进行建模以提取人脸的特征,并将其生成人脸模板(人脸特征文件)保存到数据库中。在进行人脸搜索时(搜索式),对指定的人像进行建模,再将其与数据库中所有人的模板进行比对识别,最终将根据所比对的相似值列出最相似的人员列表。

3) 人脸识别比对

人脸识别分为核实式(验证)和搜索式两种比对模式。核实式是对指将捕获得到的人像或是指定的人像与数据库中已登记的某一对像做比对以核实其是否为同一人,又称为“1:1人像比对”。搜索式的比对是指从数据库中已登记的所有人像中搜索查找是否有指定的人像存在,又称为“1:N人像比对”,其中N为所有入库照片的数量。

本系统应用中涉及1:1人像验证和1:N人像比对,现场终端摄像头采集的人像照片和该人的身份证电子照片的比对属于1:1的人像验证。借用、盗用他人身份证件的情况下,摄像头捕捉到的人像和后台重点人员库进行1:N的人像比对,来确定当前上网者是否属于重点关注人员。

人脸认证服务的大体架构分为接入层和服务层。其中,接入层对外提供基于HTTP协议的服务接口,主要完成接入用户请求、登录认证、分配应用服务器、返回结果等功能;服务层提供具体的识别服务,完成单纯的计算任务,并把结果返回给接入层,对当前通行用户放行或拒绝。

4) 核心算法

人像比对的核心理算法须支持多人种、不同年龄段、不同环

境条件下的图像数据,支持多种图片格式的识别比对。采用基于流形的人脸检测、局部 Gabor 二值模式(Local Gabor Binary Pattern, LGBP)、Ada Gabor 特征,利用 LGBP 特征姿态估计等技术,支持脸部分块比对、自动/手工姿态调整、手工定眼睛、嘴巴位置,支持单人多图片的复合模板比对等。

5) 图片预处理

学员在上传本地存储的个人人像照片时,由于照片来源不同,质量不一,不利于业务人员辨别或者机器比对,可以采用一些预处理技术。比如利用人脸增强处理提高其图片质量来适应人像比对的需求,对不同姿态的图像进行姿态校正等。对于经过以上技术手段依然无法建模入库的图片,系统自动提示照片质量不合格,要求用户重新上传高质量的人像照片。

6) 多层结构与分布式计算

采用成熟的多层体系结构,使整个平台具有稳定、安全、可扩充等优点。平台采用分布式比对架构,充分利用硬件资源,并有良好的扩展性。

7) 超大规模人像比对

支持成熟可靠的千万级超大规模分布式比对技术。

8) 高性能数据建模

采用多机并行、多线程、分区段批量建模的方式快速高效;采用先进的人脸特征提取技术,适应多种照片源,入库率不小于 99.95%;支持自动建模、手工建模、批量录入、比对时录入等不同的建模方式。

9) 快速比对

采用 64 位平台技术,有效使用大内存,将比对模板全部载入物理内存,减少对数据库或模板文件的访问次数,提高比对速度,缩短平台响应时间。同时,采用分布式比对架构,使系统可以随着比对单元的增加,接近线性地提高平台的比对性能。

10) 动态模板增量加载

采用优化的动态模板加载策略,保证在平台正常运行的前提下,新增照片动态入库,且可立即参与比对。

11) 自动数据更新

拥有自动数据导入与自动建模功能,自动进行数据更新,同时可以根据工作需要设定更新时间和更新条件,更新多个数据源,及导入部分数据,远程建模。

12) 多种比对模式

平台实现同步比对识别、同步比对报警、异步比对识别、异步比对报警等不同比对模式,并提供围绕相关模式运行的技术实现和保障手段。对于管理人员,系统支持 1:N 与 1:1 的不同比对方式,附加筛选条件后的分类比对,提高比对速度和识别率。可以增加年龄段、性别、地区多种约束条件,并可设置比对阈值、组合比对库别进行比对。

4.4 架构及功能模块

平台在架构上采用 B/S 架构、多层的、分布式的机制,更好地实现了负载均衡。使整个平台具有稳定、安全、可扩充等优点。

针对比对库容量大、运算密集的特点,平台采用分布式比对的方式,充分利用硬件资源进行并行计算,提升比对速度,同时该架构便于进行平台扩展,可根据实际需求,通过增加硬件来完成平台的性能升级。

本平台可以独立使用,实现基于网络联机业务处理的人

像采集、人像比对、人像验证、业务统计等多项业务需求,同时可实现在线人脸数据实时验证的核心功能,也可通过 Web Services 方式,为现有在线学习系统和其他业务系统提供实时或异步比对服务。

(1) 数据容量设计

本平台首期数据库设计容量可支持 10 万人像库,支持百万级人像数据扩展,在硬件支撑能力满足的情况下可扩展至千万级。支持建立学员库、信众库、僧侣库、经师库等共计 30 余个业务库,库容量设计可满足在未来 5 年内的基本使用需求。

(2) 支持终端数量

针对实时视频流布控的现实需求,按最多 100 个前端摄像头接入设计支持,能够支持 2000 个用户同时在线。

结束语 近年来,随着平安城市和智慧城市项目的建设,视频监控系统已经成为公安机关治安管控、打击犯罪和预防应急突发事件的有效手段。随着网络通信技术的迅速发展以及移动智能终端(如智能手机、平板电脑等)的快速普及,智能终端已经普遍携带视频监控、音频、加速传感器等感知设备。部分高端智能终端所能携带的视频设备已经超过部分低端的视频监控设备。智能终端的大量普及使得构建以人为中心的感知与计算网络成为可能。对不同信息空间的信息进行有效融合,可以加强对公共安全事件的有效感知与检测。本文针对公共安全事件多源信息的融合问题,提出了数据浪涌模型,并对该模型进行了定义。同时利用该模型对人证合一系统进行了实例验证。开发的人证合一系统已经应用于北京市的多个长途车站与火车站。

参 考 文 献

- [1] 刘云浩. 群智感知计算[J]. 中国计算机学会通讯, 2012, 8(10): 38-42.
- [2] GANTI R K, YE F, LEI H. Mobile crowdsensing: Current state and future challenges[J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(11): 32-39.
- [3] RAI A, CHINTALAPUDI K K, PADMANABHAN V N, et al. Zee: Zero-effort crowdsourcing for indoor Localization[C] // Proc. of ACM MobiCom. 2012: 293-304.
- [4] ERIKSSON J, GIROD L, HULL B, et al. The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring[C] // Proc. of ACM MobiSys. 2008: 29-39.
- [5] KOUKOU MIDIS E, PEH L S, MARTONOSI M R. SignalGu - ru: leveraging mobile phones for collaborative traffic signal schedule advisory[C] // Proc. of ACM MobiSys. 2011: 127-140.
- [6] RA M R, LIU B, LA PORTA T F, et al. Medusa: A programming framework for crowd-sensing applications[C] // Proc. of ACM MobiSys. 2012: 337-350.
- [7] YAN T, KUMAR V, GANESAN D. Crowdsearch: exploiting crowds for accurate real-time image search on mobile phones[C] // Proc. of ACM MobiSys. 2010: 77-90.
- [8] YANG D, XUE G, FANG X, et al. Crowdsourcing to smartphones: incentive mechanism design for mobile phone sensing[C] // Proc. of ACM MobiCom. 2012: 173-184.
- [9] RACHURI K K, MASCOLO C, MUSOLESI M, et al. Socialsense: exploring the trade-offs of adaptive sampling and computation offloading for social sensing[C] // Proc. of ACM Mobi-

Com. 2011;73-84.

- [10] PACKER H S, SAMANGOOEI S, HARE J S. Event Detection using Twitter and Structured Semantic Query Expansion[C]// Proc. of ACM Workshop on Multimodal Crowd Sensing. 2012: 7-14.
- [11] LUKYANENKO R, PARSONS J. Conceptual Modeling Principles for Crowdsourcing[C]// Proc. of ACM Workshop on Multimodal Crowd Sensing. 2012;3-6.
- [12] ZHOU P, ZHENG Y, LI M. How long to wait?: predicting bus arrival time with mobile phone based participatory sensing[C]// Proc. of ACM MobiSys. 2012;379-392.
- [13] BALAN R K, NGUYEN K X, JIANG L. Real-time trip informa-

tion service for a large taxi fleet[C]// Proc. of ACM MobiSys. 2011;99-112.

- [14] ZHAO D, MA H, TANG S. COUPON: cooperatively Building Sensing Maps in Mobile Opportunistic Networks[C]// Proc. of IEEE MASS. 2013;295-303.
- [15] YANG Z, WU C, LIU Y. Locating in fingerprint space: wireless indoor localization with little human intervention[C]// Proc. of ACM MobiCom. 2012;269-280.
- [16] GUO B, ZHANG D, WANG Z, et al. Opportunistic IoT: exploring the harmonious interaction between human and the Internet of Things[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2013,36(6):1531-1539.

(上接第313页)

通过表2可以看出本文算法相对于基本蚁群算法以及MMAS算法在求解最优解时更具优势,具体表现在全局搜索能力与收敛速度两个方面。继续使用本文算法解决oliver30城市问题,参数设置:蚂蚁的数目 $m=30$,每次运行迭代200次;其他参数的设置与上例相同。算法运行到第3次时得到最优解423.7476,得到的解进化曲线与最短路径分别如图3和图4所示。

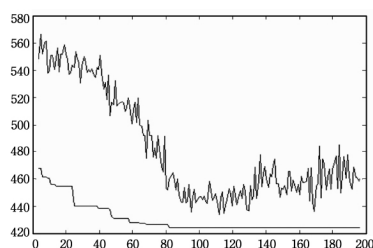


图3 解进化曲线

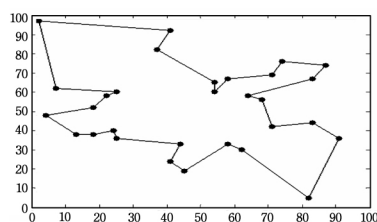


图4 oliver30的最优路径

3.4 结构分析

本文对基本蚁群算法进行了分析,在此基础上提出了一种新的启发式算法,具体体现在对信息素的更新规则以及挥发策略加以改进,增强了系统的适应性及鲁棒性。最后的算例实验表明,改进算法有效降低应用虚拟网络映射资源的开销。还可以在不支持路径分裂底层网络的情况下改进蚁群算法,优化虚拟网络映射,该算法根据问题模型重新定义了蚂蚁的位置,通过在高斯过程采用机器学习方法,学习蚁群寻优过程中蚂蚁信息素较好的变化方式,进行蚁群信息素的二次更新,启发式地指导蚁群运行行为,矫正蚂蚁信息素的变化方式。模拟实验结果表明,对于任意的虚拟网络资源请求,在满足同等求解精度的前提下,与已有的研究相比,改进方法降低了虚拟网络映射的求解时间,加快了求解算法的收敛速度。

结束语 本文通过改进蚁群算法,创新算法中信息素的更新策略,有效加快了算法的收敛速度,抑制了早熟现象的出现。最后通过实例证明,运用改进后的蚁群算法构建虚拟网络映射,满足实际应用需求。同时,在改进蚁群算法的过程中,还可以引入高斯过程模型,从而有助于加快蚁群算法在实际中的收敛速度,满足实际应用的实时性要求;并且以映射开销作为适应度函数,最终解决虚拟网络映射问题。

参考文献

- [1] 肖国荣. 改进蚁群算法和支持向量机的网络入侵检测[J]. 计算机工程与应用, 2014,50(3):75-78.
- [2] 曹文杰. 基于蚁群算法的虚拟网络映射研究[D]. 济南:山东大学, 2015.
- [3] 张葆. 虚拟网络映射算法研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [4] 蔡进科, 顾华玺, 卢冀, 等. 基于 Openflow 网络的高可靠性虚拟网络映射算法[J]. 电子与信息学报, 2014,36(2):396-402.
- [5] 杨微. 低功耗片上网络映射算法研究[J]. 现代计算机, 2015(2):10-13.
- [6] 朱强, 王慧强, 马春光, 等. 虚拟网络可生存的启发式可靠映射算法[J]. 通信学报, 2015,36(7):109-119.
- [7] 侯颖. 基于蚁群算法的众核嵌入式程序映射方法研究[D]. 上海:华东师范大学, 2015.
- [8] 邱大洪. 基于混沌的蚁群算法及其应用研究[D]. 北京:北京化工大学, 2015.
- [9] 尔雅莉. 基于蚁群算法的非结构化 P2P 资源搜索研究[D]. 太原:太原理工大学, 2014.
- [10] 赵玉苹, 张惠珍. 带柔性时间窗车辆路径问题的混沌蚁群算法[J]. 数学理论与应用, 2016(2):84-92.
- [11] 殷洪海. 云环境下基于改进蚁群算法的资源调度策略[D]. 成都:电子科技大学, 2014.
- [12] 范绍聪, 刘怡俊. 基于量子蚁群算法的片上网络映射研究[J]. 计算机应用研究, 2017,34(1):156-159.
- [13] 李燕龙, 王俊义, 符杰林, 等. 基于改进蚁群算法的高能效 WSN 协作传输策略[J]. 电视技术, 2015,39(11):131-135.
- [14] 赵开新, 魏勇, 王东署. 改进蚁群算法在 P2P 网络资源搜索中的应用[J]. 火力与指挥控制, 2015,40(5):139-142.
- [15] 沈显庆, 崔保峰. 模拟退火改进蚁群算法的公交网络设计[J]. 黑龙江科技大学学报, 2016,26(3):327-331.