

一种以人为中心的智能化城市交通综合监控方法

杨涛^{1,2} 王永刚³ 胡建斌² 龚斌⁴ 陈钟²

(清华大学生命科学学院 北京 100084)¹ (北京大学信息科学技术学院 北京 100871)²

(国家计算机网络应急技术处理协调中心 北京 100029)³

(北京启明星辰信息安全技术有限公司 北京 100129)⁴

摘要 随着我国城市化的进程、汽车行业的蓬勃发展和人民生活水平的日益提高,行驶在城市道路上的车辆越来越多,造成了一系列的问题,如何更加高效地监控城市交通,近年来已经成为了研究重点。研究表明,交通监控员通过远程调阅路面监控录像的模式,实施有效监控的推荐显示屏幕个数只有 4 个,因此,传统的交通监控模式将导致很高的交通事件漏报率和误报率。针对这些问题,提出了一个以人为中心的智能化城市交通监控方法,主要特点包括:1. 采用眼球追踪技术,对交通监控员的眼球活动状态进行跟踪和分析,根据已建立的事件模型和判定模型进行快速屏幕切换操作;2. 通过结合 RFID 技术,对道路上车辆的 RFID 标签进行追踪和统计分析,根据模型进行交通事件快速预警和关联分析。该方法的使用比较简单,能有效提升交通监控员的交通事件发现率。

关键词 以人为中心, CCTV, RFID, 交通事件

中图法分类号 TP309 **文献标识码** A

Human-centric Urban Transportation Multimedia Surveillance Method

YANG Tao^{1,2} WANG Yong-gang³ HU Jian-bin² GONG Bin⁴ CHEN Zhong²

(School of Life Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084, China)¹

(School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing 100871, China)²

(National Computer Emergency Response Team and Coordination Center of China, Beijing 100029, China)³

(Beijing Venustech Inc., Beijing 100129, China)⁴

Abstract With the rapid growth of the vehicles on the road, the urban transportation multimedia surveillance has become a very hot topic. Human operators remotely monitor the image scenes captured by the cameras can effectively monitor only four camera views. The event-false-rate would be very high in this traditional way. RFID is a very feasible technology to identify an item based on radio frequency transmission and it can be also used to track and detect a wide variety of objects, especially high-speed moving vehicles. Human-centric CCTV surveillance system is also another hot technology that can be used to help detect human's attention in the CCTV views for important events. To implement the moving vehicle surveillance system in big cities practically, we propose a RFID-Vehicle-Tag, Event assisted and Human-centric urban transportation surveillance method. The method has two major features: 1. the method computes the human operator's attention in the CCTV views to automatically determine the importance of events captured by the respective cameras. 2. The method combined the Human-centric CCTV surveillance tech. and the RFID tech. to improve event identification rate evidently. The method can be used efficiently by the system operators to track and detect events in moving vehicles easily.

Keywords Human-centric, CCTV, RFID, Transportation event

1 引言

现代社会中,汽车在人们生活中扮演着越来越重要的角色。随着我国城市化进程的加快、汽车行业的蓬勃发展和人民生活水平的日益提高,行驶在道路特别是城市道路上的车辆越来越多,造成了交通繁忙、事故频发等一系列的问题,如何更加高效地监控城市交通,近年来已经成为了研究重点。

随着城市化进程的加快,以及人民生活水平的提高,城市交通的繁忙程度与日俱增,造成的事故也是层出不穷。如何利用智能化的新型手段,来更加有效地监控城市道路交通,已经成为了学术界和工业界的研究热点之一。

在中心城市,特别是在智慧交通蓝图的城市,道路上往往已经部署了成千上万的监控摄像头,如何在浩如烟海的视频信息中快速、准确定位出交通事件,是每一个这样的城市都要

杨涛(1976—),男,博士,主要研究领域为VANETs安全、社会网络安全、操作系统安全;王永刚(1987—),博士,主要研究领域为社会网络安全和隐私保护、分布式系统安全;胡建斌(1971—),副教授,硕士生导师,主要研究领域为无线传感器网络安全、嵌入式系统设计;龚斌(1978—),硕士,主要研究领域为网络和信息安全、软件工程;陈钟(1963—),男,教授,博士生导师,主要研究领域为网络和信息安全、软件工程。

面临的严峻挑战。

传统的城市交通监控手段是:在城市的交通要点部署高清视频摄像头,并建立覆盖城市的视频监控专网,将视频信号接入到一个城市监控中心。该中心配置若干视频监控员,各自负责人工监控和处理视频信息中所潜伏的交通安全事件。这种机制过度依靠监控员肉眼的观察力和监控员的经验,不仅工作强度大,且发现交通事故的效率十分低下,不能适应视频监控专网日益扩大的发展趋势。

一般而言,交通事件的复杂度都比较高,除了少数简单事件可以全自动识别和处理外,大部分交通事件的处理模式还是人工进行的,即交通监控员在监控大屏前通过远程调阅路面监控录像来进行。可想而知,随着车辆、道路和摄像头的快速增加,这样的工作强度是非常巨大的。另外,还有研究表明^[1],在这种人工监控模式下,实施有效监控的推荐显示屏个数只有4个,因此,传统的交通监控模式将导致很高的交通事件漏报率和误报率。

本文针对这些问题,提出了一个以人为中心的智能化城市交通监控方法,主要特点包括:1.采用眼球追踪技术,对交通监控员的眼球活动状态进行跟踪和分析,根据已建立的事件模型和判定模型进行快速屏幕切换操作;2.通过结合RFID技术,对道路上车辆的RFID标签进行追踪和统计分析,根据模型进行交通事件快速预警和关联分析。该技术能有效降低监控管理员的工作强度,并有效提高城市交通事件的发现效率。

本文第2节将介绍相关定义;第3节给出相关研究工作介绍;第4节给出该方法的详细描述;最后为结论和未来工作展望。

2 定义

本文主要涉及的两个定义为:

定义1(CCTV,闭路电视监控系统,Closed-Circuit Television,简称CCTV)^[2]是一个源于安防领域的概念,该系统利用摄像机等监控设备,对需保护的重要区域(如楼宇,场站等)提供基于视频信号的监视和控制。最新的CCTV系统会综合利用传感技术、监控摄像技术、通讯技术和计算机技术,来组成一个多功能全方位监控的高智能化的处理系统。闭路电视监控系统因其能给人最直接的视觉、听觉感受,以及对被监控对象的可视性、实时性及客观性的记录,因而已成为当前安防领域的主要手段,被广泛应用。

定义2(RFID, Radio Frequency Identification)^[3] 又称电子标签、无线射频识别,是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并读写相关数据,识别工作无须人工干预,可高效地工作于各种恶劣环境。同时该技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作方便快捷,是物联网发展的重要支撑技术:利用RFID技术可以实现车辆身份的有效识别,基于车载标签可以形成车辆的电子身份管理系统,实现高速公路不停车收费及路径识别、出租车的综合管理、营运车辆的身份管理、客运站场的车辆进出及报班管理、停车场的自动化管理、党政机关车辆自动化管理。目前,重庆市和南京市都已经要求其管辖城区内的各种机动车辆都必须安装基于RFID技术的“车卡”。

3 相关工作

以人为中心进行CCTV监控的前期工作主要集中在选择和调度摄像头监控界面上。

Wallace等^[1]通过大量的实验数据分析指出,一个CCTV监控员最多能同时有效监控四路视频接入。

2001年,Itti和Koch^[4]为视觉监控提出了一个可计算模型。接下来,Itti联合Baldi^[5]对影响人类监控注意力的因素进行了较深入的研究。

Taylor等^[6]开发出了一个关于人类监控注意力模型的工程原型。

归纳起来,研究人员通常分别利用如下两类因素来构建注意力模型要素:1.人类的行为,诸如眼球的运动等;2.影响人类注意力的诱因,诸如一些色彩或运动等多媒体特性等。后来,Wu等在文献^[7]中结合使用了这两种要素,取得了一定的效果。

在多媒体领域,近期来也开始强调利用人类的反馈信息来提供不同类型的更加人性化的应用^[8,9]。

2002年,Ma等^[10]提出了一个面向视频汇总的用户注意力模型。该模型指出,人类视觉注意力受不同的视觉和听觉特性所触发,其中,视觉特性就包括主体和摄像头的运动特性、静态的环境背景和人脸等;听觉特性主要包括静默、演讲和音乐等。

利用同样的方法,Liu等^[11]建立了一个受听觉和视觉双重影响的注意力模型,并利用其在经典动作影片中进行了验证。Baumann等^[12]更是利用了可穿戴计算设备进行了评估和验证。

另外,Peters等^[13]通过计算机卡通动画对眼球的凝视和眨眼等动作进行了较深入的研究和探讨。

Leykin等^[14]提出了一个专门用于人工视频监控场景的注意力调控方法。

Wang等^[15]提出了一个经过实践检验的基于注意力调控的监控方法。Vaiapury等^[13]提出了一种综合了媒体特性和监控员反馈的方法。该方法指出,监控员的有效反馈主要来源于在监控过程中的人为干预。

和这些相关工作有所区别,我们的方法不仅基于人类注意力模型来调控和调度监视屏幕,还基于交通事件的某些特性(如危害级别高低等)来辅助进行智能化城市交通监控。

4 方法构建

本文提出了一个以人为中心的智能化城市交通监控方法,核心思想在于:综合利用对监控员的眼球运动的追踪分析技术和RFID标签卡识别和监控技术,以及事件管理器技术,为城市交通监控提供了更加高效的监控技术支撑。

本方法的关键在于以人为中心的自反馈处理和基于多方数据源的综合研判机制,这些机制能有效降低监控管理员的工作强度,并有效提高城市交通事件的发现效率。

本方法也利用和文献^[1]一样的假设,即一个CCTV监控员最多能同时有效监控四路视频接入。

本方法的概念图如图1所示。

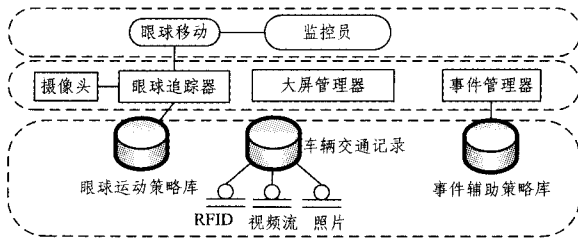


图1 概念图

如图 1 所示,其主要由 6 个角色组成:

• 监控员

拥有城市交通监控权限的业务人员,具有眼球移动的属性。

• 大屏管理器

负责对监控员面对的大屏系统进行调度管理和分四屏显示(依据车辆交通记录、眼球追踪器提供的眼球追踪信息、事件管理器提供的事件信息)。

• 眼球追踪器

负责利用摄像头对监控员的眼球移动进行追踪和分析(依照眼球运动策略库)。

• 事件管理器

负责利用平板电脑等设备对交通事故监控类型进行预先设置(依照事件辅助策略库),以及对大屏显示进行放大、缩小等操作。不同的事件具备不同的特点和监控要求,其设置对监控的模式和范围有一定的积极影响,能更加准确地进行事件追踪和定位。事件表如表 1 所列。

表 1 事件表

通用事件		特殊事件	
EventC ₁	向上	EventS ₁	追踪单一车辆
EventC ₂	向下	EventS ₂	追踪多辆车辆
EventC ₃	放大	EventS ₃	追踪运营黑车
EventC ₄	缩小	EventS ₄	监视布控多点
EventC...	...	EventS...	...

眼球追踪变量示意图如图 2 所示。

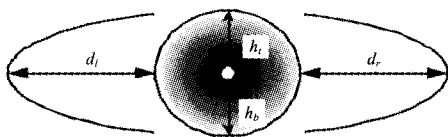


图 2 眼球追踪变量示意图

图 2 界定了眼球追踪技术中采用的各种变量的定义。

事件管理器是一个用于和监控员密切交互的重要设备,其示意图如图 3 所示。

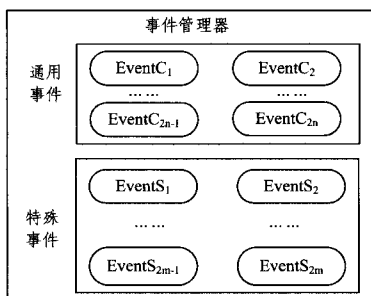


图 3 事件管理器示意图

事件管理器面向用户操作,所以设计力求简单易懂,最好是通过平板电脑载体上的事件聚类来展示给视频监控员,实际操作也都以触碰选择等简单快捷交互方式为主。

站在监控员用户视角,本方法的流程示意图如图 4 所示。

以下对图 4 的各个主要步骤按顺序来做进一步的说明:

• 系统建立,系统建立需要完成的工作,可进一步细化为:

1) 交通监控系统建立。包括部署摄像头设备、RFID 相关设备,安装调试监控系统,初始化和训练交通事件模型等工

作。

2) 本地系统初始化,主要包括接入视频监控网和 RFID 监控网,人眼追踪摄像头,多屏显示(四屏)等系统环境设定工作。

• 监控员初始化工作器件和界面,包括监控员上岗时的登录,进入事件平板电脑界面等操作。

• 追踪监控员眼球活动。表示监控员已经进入监控状态,人眼追踪摄像头开始工作。

• 结合 RFID 和事件源信息计算相关度最高的四路视频。表示系统选路逻辑结合 RFID 和事件源信息计算相关度最高的四路视频。

• 显示选定的四路视频给监控员。大屏管理器对上一步按既定策略和模型选择的四路视频进行分屏显示,供监控员进行实时监控。

• 监控员发现交通事件并记录。表示监控员从显示的视频中根据事故特征判断和识别出交通事故,并进行记录。

• 监控员退出工作台。表示监控员下班时退出工作台。

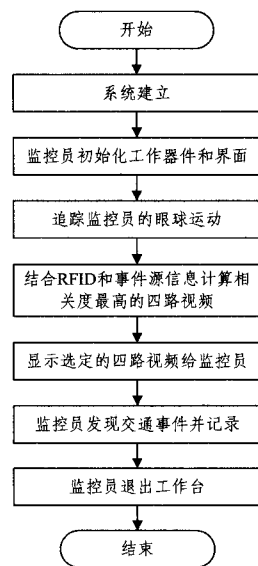


图 4 流程示意图

另外,大屏管理器分屏显示策略也是一个核心算法部件,算法具体描述为:

1. 根据图 2 的示意,由眼球追踪器来获取 $d_l/d_r/h_t/h_b$ 等变量数值;

2. 如果 $d_l/d_r \approx 1$,则保持当前显示的 4 个屏幕视频流来源;

3. 如果 $d_l/d_r > 1$,且 $h_t \leq h_b$,则保持右上角屏幕视频,将其它 3 个屏幕内容调入与右上角屏幕视频关联度(比如:同一条道路上距离最近的 3 个摄像头)最高的视频流;

4. 如果 $d_l/d_r > 1$,且 $h_t > h_b$,则保持右下角屏幕视频,将其它 3 个屏幕内容调入与右下角屏幕视频关联度最高的视频流;

5. 如果 $d_l/d_r < 1$,且 $h_t \leq h_b$,则保持左上角屏幕视频,将其它 3 个屏幕内容调入与左上角屏幕视频关联度最高的视频流;

6. 如果 $d_l/d_r < 1$,且 $h_t > h_b$,则保持左下角屏幕视频,将其它 3 个屏幕内容调入与左下角屏幕视频关联度最高的视频流。

(下转第 408 页)

结束语 任何一种传感器都有其优势与不足,只有将多种传感器结合起来共同使用在同一个系统中,才是今后无人车发展的方向。下一步的工作重点就是将激光雷达和摄像机的信息进行融合,从而实现对道路边缘、车道标线、障碍物、交通标识等的进一步检测和识别。

参 考 文 献

[1] Kirchner A, Heinrich T. Model based detection of road boundaries with a laser scanner[C]//IEEE International Conference on Intelligent Vehicles. Stuttgart, 1998

[2] Kirchner A, Timm K. Vehicle Tracking with a Laser Scanner [C]//31th ISATA. Düsseldorf, 1998

[3] Borenstein J, Everett HR, Feng L. Navigating mobile robots [C]//Wellesley MA, 1996

[4] Operating Manual Ladar Digital A AF[EB/OL]. IBEO Automobile Sensor GmbH, Hamburg, Germany, 1999

[5] Rohling H, Mende R. Systemkonzept und Leistungsfähigkeit eines Low-Cost 77 GHz Radarsensors für den Einsatz [C]//Auto-

mobil 9 Radarsymposium, Stuttgart, 1997

[6] 于金霞,蔡自兴,邹小兵,等. 移动机器人导航中激光雷达测距性能研究[J]. 传感器学报, 2006, 19(2): 356-360

[7] 于和春,陈国斌,刘济林. 基于多线式激光雷达的障碍检测与环境重建[J]. 浙江大学学报, 2006, 40(6): 1066-1070

[8] 于和春,刘济林. 复杂环境下基于多层激光雷达的障碍检测[J]. 电路与系统学报, 2006, 11(4): 42-46

[9] 杨明,王宏,何克忠,等. 基于激光雷达的移动机器人环境建模与避障[J]. 清华大学学报, 2000, 40(7): 112-116

[9] 袁夏,赵春霞,陈德宝,等. 一种基于激光雷达的路面提取算法[J]. 中国图形图像学报, 2009, 14(10): 2035-2041

[10] Hancock J A. Laser Intensity Based Obstacle Detection and Tracking[D]. Robotics Institute, CMU, 1999

[11] Dudek G, et al. Just in line sensing: combining sonar and laser range data for exploring unknown worlds[C]//Proc. IEEE ICRA, 1996: 667-672

[12] Dunlay T. Obstacle avoidance perception processing for the autonomous land vehicle[J]. Proc. IEEE Robotics and Automation Conf., 1998, 2: 912-917

(上接第 368 页)

结束语 随着我国现代化建设和人民生活水平的日益提高,行驶在城市道路上的车辆越来越多,造成了交通拥堵、事故频发等一系列的问题。经验表明,交通监控员通过远程调阅路面监控录像,实施有效监控的推荐显示屏幕个数只有 4 个,因此,在繁忙的城市道路交通压力下,传统的交通监控模式将导致很高的交通事件漏报率和误报率。本文针对这些问题,提出了一个以人为中心的智能化城市交通监控方法,其核心思想在于:综合利用对监控员的眼球运动的追踪分析技术和 RFID 标签卡识别和监控技术,以及事件管理器技术,为城市交通监控提供更加高效的监控技术支撑。该方法的主要特点包括:1. 采用眼球追踪技术,对交通监控员的眼球活动状态进行跟踪和分析,根据已建立的事件模型和判定模型进行快速屏幕切换操作;2. 通过结合 RFID 技术,对道路上车辆的 RFID 标签进行追踪和统计分析,根据模型进行交通事件快速预警和关联分析。本方法还强调面向用户操作,所以设计简单易懂,使用方便。

参 考 文 献

[1] Wallace E, D C. Cctv control room ergonomics. tech. pp. Police Scientific Development Branch, UK Home Office. ACM (1998)

[2] CCTV[OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Closed-circuit_television, 2013

[3] RFID[OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Rfid> (2013)

[4] Itti L, K C. Computational modelling of visual attention[J]. NatRev Neurosci, 2001, 2: 194-203

[5] Itti L, B P. Bayesian surprise attracts human attention[J]. Vision Res 49, 2009, 10: 1295-1306

[6] Taylor J G, F N. Modelling human attention and emotions[C]//IEEE international joint conference on neural networks. Budapest, Hungary, 2004, 1: 501-506

[7] Wu C, Lin Y, Z W. Human attention modeling in a human-machine interface based on the incorporation of contextual features in a bayesian network[C]//IEEE international conference on systems, man and cybernetics. San Antonio, 2005, 1: 760-766

[8] M, D. Active capture: integrating human-computer interaction and computer vision/audition to automate media capture[C]//IEEE international conference on multimedia and expo. 2003, 2: 185-188

[9] Rowe L A, J R. ACM sigmm retreat report on future directions in multimedia research [C]//ACM Trans Multimed Comput Commun Appl. ACM, 2005, 1: 3-13

[10] Ma Y F, Lu L, Z H L M. A user attention model for video summarization[C]//ACM international conference on multimedia. ACM, 2002: 533-542

[11] Liu A, Zhang Y, S Y Z D L J Y Z. Human attention model for semantic scene analysis in movies[C]//IEEE international conference on multimedia and expo. IEEE, Hannover, Germany, 2008: 1473-1476

[12] Baumann M A, MacLean K E, H T M A. Emulating human attention-getting practices with wearable haptics[C]//IEEE haptics symposium, Waltham, ACM, USA, 2010: 149-156

[13] Peters C, O C. Attention-driven eye gaze and blinking for virtual humans[C]//ACM SIGGRAPH 2003 sketches and applications. ACM, San Diego, USA, 2003: 1

[14] Leykin A, H R. Real-time estimation of human attention field in lwr and color surveillance videos [C]//IEEE international workshop on object tracking and classification in and Beyond the Visible Spectrum. IEEE, Anchorage, USA, 2008: 1-6

[15] Wang J, Kankanhalli M S, Y W J R. Experiential sampling for video surveillance[C]//First ACM international workshop on video surveillance. ACM, Berkeley, California, USA, 2003: 77-86

[16] Vaipury K, K M. Finding interesting images in albums using attention[J]. J Multimedia, 2008, 4: 1-12