

基于移动视频接入的交通流应急控制策略

曹志威^{1,2}, 尹心明¹, 邵旭东¹, 陈国梁¹, 胡正梁¹, 刘兵²

(1. 公安部第三研究所信息安全技术部, 上海 201204;
2. 同济大学电子与信息工程学院, 上海 200125)

摘要:对城市紧急事件交通流的合理诱导与控制是各级交通应急指挥部门必须面临的一项重大挑战。在有线视频安全接入方案的基础上,提出一种基于无线移动视频接入的交通流应急控制策略来诱导紧急事件影响范围内的车车辆。该策略以实时接入事发现场的视频信息为基础,同时结合紧急事件交通流诱导的模糊控制策略,确定了影响范围内道路的信号配时方案,从而在微观层面上实现对路网上拥堵车辆的诱导和控制;同时依据紧急事件事发现场交通流的运行情况,出具了紧急事件应急车辆的信号优先控制模型,以便应急车辆能够快速到达事发现场,从而为影响范围内的交通流与应急车辆提供微观上的控制策略,有助于各级指挥中心制定合理的应急救援措施。该方案已在多地公安省厅试点运行,效果良好。

关键词:交通紧急事件;交通流诱导;移动视频接入;应急控制策略;信号优先控制

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)01-0143-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2017.01.032

Control Strategy of Traffic Flow Emergency Based on Mobile Video Access

CAO Zhi-wei^{1,2}, YIN Xin-ming¹, SHAO Xu-dong¹, CHEN Guo-liang¹,
HU Zheng-liang¹, LIU Bing²

(1. Information Security Technology Division, Third Research Institute of Ministry of
Public Security, Shanghai 201204, China;

2. School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200125, China)

Abstract: It is challenging for the traffic emergency department to develop a reasonable guidance and control strategy of traffic flow in urban emergency. In order to guide the vehicle of the traffic emergency incident influence range, a control strategy of traffic flow emergency based on mobile video access is proposed. After monitoring the road emergency scenes, the proposed scheme establishes the signal timing scheme for the road within the scope of influence based on fuzzy control strategy, and presents a signal priority control model of emergency vehicle. On the one hand, these actions propose a microcosmic control strategy for the traffic flow and the emergency vehicle within the scope of influence. On the other hand, these actions would be favorable for the traffic emergency department to develop the effective emergency rescue measures. Recently, the scheme has been conducted the pilot run in some ministries and agencies, and has achieved good results.

Key words: traffic emergency incident; traffic flow guidance; mobile video access; emergency control strategy; signal priority control

0 引言

随着城市机动车辆的不断增加,应运而生的交通紧急事件发生量也在增多。然而紧急事件发生后得不到及时救助的现象普遍存在,这种情况严重影响了社会发展。同时事件发生后仅仅依靠人工诱导的方法明

显落后,并且投入的人力成本也较大,因此需要运用计算机网络、智能交通等技术,从交通流诱导与控制理论出发探索并制定应急策略,从而真正实现科技强警的目的。

目前政府为了保障城市交通的顺畅运行,在重要

收稿日期: 2016-03-18

修回日期: 2016-06-22

网络出版时间: 2017-01-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61403255); 上海理工大学国家级项目培育基金项目(16HJPY-QN14)

作者简介: 曹志威(1985-),男,研究实习员,博士研究生,CCF会员,研究方向为计算机网络安全、智能交通;尹心明,通讯作者,助理研究员,硕士,研究方向为信息安全。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170104.1102.092.html>

路段上部署了固定式监控设备,同时安装了大量移动监控设施。这些设备取得的数据不仅能够反映紧急事件影响范围内道路的交通流量、饱和度、信号配时等指标,还能反映出应急车辆的运行情况,对制定合理的救援方案起到关键作用。

文中提出了事发现场实时视频的安全接入方案,然后依据接入到的视频信息提出了紧急事件交通流的控制策略和应急车辆信号优先控制策略,从而对受控车辆进行疏导。

1 事发现场实时视频的安全接入

为了更全面地收集紧急事件事发现场的实时信息,文中参照有线视频的接入方案,提出了无线移动警务视频终端的接入方案^[1-6]。

1.1 有线视频的安全接入方案

有线视频安全接入系统作为边界接入系统的一个分支,是支持公安视频业务的有力保障,为公安信息化

建设发挥着举足轻重的作用。按照公安部科技信息化的规定,有线视频安全接入系统采用 2+1 的安全模式,分别是视频用户认证服务器、视频接入认证服务器和视频安全隔离网闸,其作用分别如下:

(1) 视频用户认证服务器:是接近应急指挥系统内网的认证设备,主要负责对指挥系统内网用户进行管理。

(2) 视频接入认证服务器:是接近视频采集资源的认证设备,主要负责对接入对象进行认证。

(3) 视频安全隔离网闸:具备单向和双向通道,主要负责实现视频控制信令的双向传输、视频流的单向传输。

1.2 无线视频的安全接入方案

移动警务视频的接入方案主要是在有线视频安全接入方案的基础上增加了一台安全接入 VPN 网关,其拓扑结构如图 1 所示。

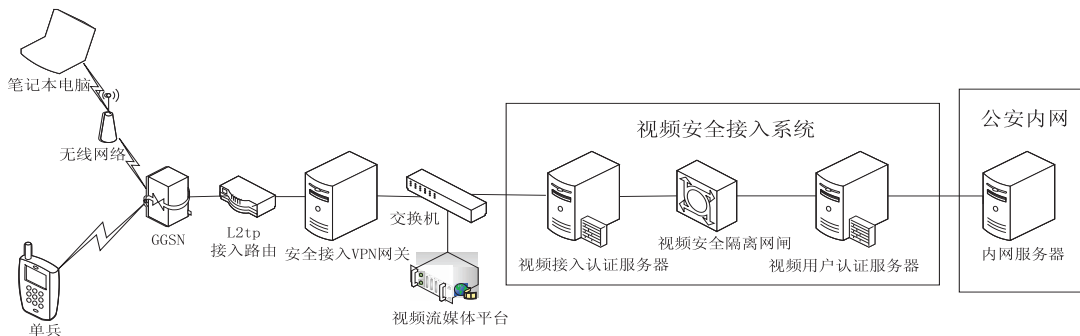


图 1 无线移动警务视频安全接入方案

该网关主要实现以下功能:

(1) 支持网络层加密的安全传输协议对会话通道进行加密传输;

(2) 实现移动警务终端的 TF 卡证书认证;

(3) 对传输的视频内容进行完整性检验。

事发现场实时视频资源的获取除了通过路口固定摄像头外,还需要通过移动无线视频终端进行获取。文中提出的有线与无线视频安全接入系统能将不同网域间紧急事件事发现场的实时信息安全、快速地接入到应急指挥系统内网,对指挥部门出台正确、合理的应急策略起到了关键作用。同时提出的移动警务视频安全接入系统由两部分组成,一部分是实现不同网域间边界接入的视频安全接入系统,一部分是实现移动警务设备认证、加密传输的安全接入 VPN 网关,通过这两个模块实现移动视频资源的安全传输,从而为紧急事件事发现场的交通管制提供有力的技术保障。

2 紧急事件交通流诱导的模糊控制

本节主要介绍上述有线和无线的视频安全接入方

案将事发现场的道路信息完整、安全地接入到应急指挥系统内网,以便管理部门依据现场的数据信息以及下文提到的方法来确定紧急事件影响范围内路况的信号配时策略,从而在微观层面上实现对路网上拥堵车辆的诱导、控制^[7-12]。

2.1 模糊控制器的组成及数据信息的采集

城市交通系统是一个具有时变性、非线性、不确定性等特点的复杂大系统,由于模糊控制不需要精确的数学模型,易于解决这种问题,因此文中在交通拥挤形成之前利用模糊控制原理实现对交叉口的信号控制,从而缓解相应道路的交通拥堵。

由于交叉口之间的路段容量受到路段的长短、宽度、车道数等因素的影响,因此单纯以车辆数为输入变量缺乏实用性。文中选择当前路段的路段拥挤度作为模糊控制器的一个输入量,其中路段拥挤度是指以路段上现有的车辆排队长度为被除数,路段的长度为除数得到的比值,用 x_1 表示;同时选择与本路段下游路口相交路段的路段拥挤度为另一个输入量,用 x_2 表示;绿灯延长时间为输出量,用 Δg 表示。

为了能够提供合理的模糊控制输入量数据信息,在一条道路的上下游同时埋下了检测器,如图2中 a_1 、 a_2 所示。

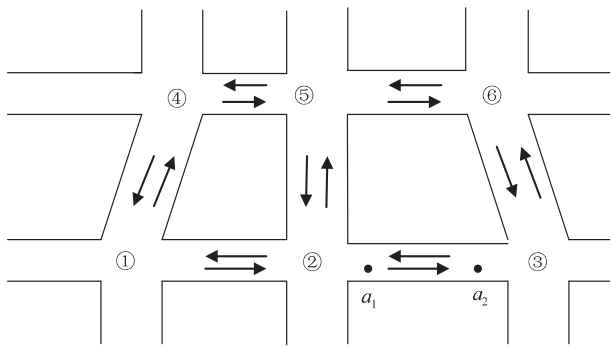


图2 简单路网示意图

通过检测器 a_2 可以测得一定时间段内到达点 a_2 的车辆数 q_2 ,同时通过检测器 a_1 测得这一时段内到达点 a_1 的车辆数 q_1 ,那么这段时间内在路段②-③排队的车辆数为 $q = q_1 - q_2$ 。再结合一般城市道路一辆车的安全距离平均为6 m,那么排队车辆的长度就为 $6 * q$ m,从而得到该路段拥挤度 $x = (6 * q) / l$,其中 l 为路段长度。

2.2 城市交通流诱导的模糊控制

在图2的网络中,假设通过检测器 a_2 检测到此处车流趋于拥挤形成状态,那么交通应急指挥部门就可以根据路段②-③的拥堵情况,合理地制定配时方案,以便尽快缓解紧急事件影响范围内的交通拥挤。同时再结合前面的分析,文中运用模糊理论对拥挤路段内的车辆进行控制。

(1)输入和输出变量的模糊化。

分别对隶属函数、模糊控制规则、模糊推理以及反模糊化过程进行确定。其中路段拥挤度 x 的取值范围为0~1,将其分为5个语言变量,分别为:VS(很低)、S(低)、M(中等)、H(高)、VH(很高)。选择高斯型隶属函数将其模糊化,如图3所示。输出量绿灯延长时间 Δg 的取值范围为 $\{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$,也将其分为5个语言变量,分别为:VS(很短)、S(短)、M(中等)、L(长)、VL(很长)。选择三角型隶属函数将其模糊化,如图4所示。

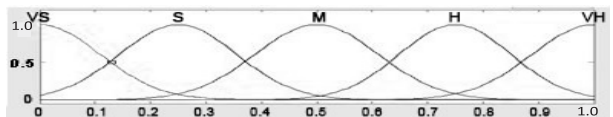


图3 路段拥挤度 x 隶属度函数

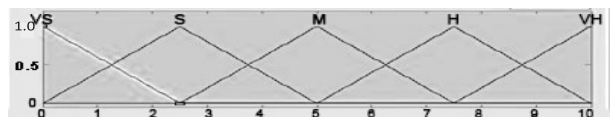


图4 绿灯延长时间 Δg 隶属度函数

(2)模糊推理及逆模糊化。

模糊控制规则主要是根据专家和设计人员的经验知识确定下来的。文中为了使所建立的模糊控制系统得到满意的结果,专门咨询了一些专家,得到了如表1所示的模糊控制库。

表1 模糊控制规则表

延长值 Δg	当前路段拥挤度 x_1				
	VS	S	M	H	VH
相交	VS	M	M	L	VL
路段	S	M	M	L	VL
拥挤	M	S	S	M	L
度 x_2	H	S	S	M	M
	VH	VS	VS	M	M

例如规则:如果输入 x_1 为VH, x_2 为VS,则输出 Δg 为VL。这表示当前路段的拥挤度很高,交通运行很拥堵,然而此时下游相交路段的拥挤度很低,在这种情况下,为了缓解当前路段的交通压力,可以对下游路口的绿灯时间适当延长,同时诱导上游路口的车辆驶向其他路段。其他规则也以此类推。文中将每条规则的权重均设为1,实际运用时也可以根据规则的重要程度赋予不同权重。

同时选择 Mamdani 型推理系统中的“centroid(区域重心法)”来实现输出量 Δg 的逆模糊化,因为重心法有利于抑制参数的变化和随机扰动,其计算过程为:

$$U_{cen} = \frac{\int_U A(u) u du}{\int_U A(u) du}$$

(1)

其中, $A(u)$ 为论域 U 上 F 集合 A 的隶属函数, $u \in U$; U_{cen} 为面积中心对应的横坐标。

(3)模糊控制结果分析。

根据上面建立的模糊控制系统,借助 MATLAB 软件实现了路段拥挤度 x 与绿灯延长时间 Δg 之间的输入/输出特性曲面,如图5所示。

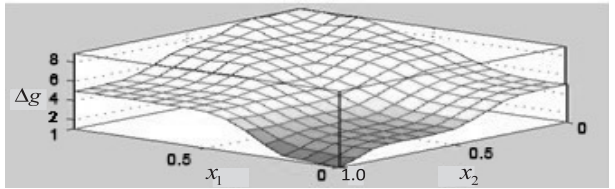


图5 路段拥挤度 x 与绿灯延长时间 Δg 的关系

从图5中可以看出:当前路段拥挤度大时,绿灯延长时间相应较大;当前路段拥挤度小时,绿灯延长时间相应较小。而当下游相交路段拥挤度比较大时,为了防止过长的绿灯延长可能造成相交路段的拥堵加剧,因此有必要减缓当前路段的绿灯延长时间。

3 紧急事件应急车辆信号优先控制策略

通过基于路径的信号优先控制策略,为应急车辆

提供能够快速到达事发现场的出行路径和信号优先控制方案。

3.1 应急车辆最优路径选择

鉴于交通紧急事件发生后车流量的固有特征,在对应急车辆有效路径集的求解过程中,不是仅考虑了路径长度这一因素,而是将路径长度与路径饱和度这两个影响因素通过加权平均数法转换为一个因素,作为求解最短路径的指标。其中,路径长度影响因素的权重取 0.3,路径饱和度影响因素的权重取 0.7。然后运用 Dijkstra 算法,以这项指标为筛选条件,在路网图中寻找起始节点至目标节点之间满足条件的最短路径。

然而在计算中,由于各项指标数据单位及量级(即计算指标 x_j 的数量级)的不同,为比较综合指标 y 的大小带来了不便。因此,需要对评价指标作无量纲化处理,文中采用极值法。

令: $x_{\max} = \max_i \{x_{ij}\}$, $x_{\min} = \min_i \{x_{ij}\}$, 对上述指标进行如下运算,从而消除原始数据计算单位不同的影响。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

通过上述方法找到一条最优路径,然后在该路径上实施信号优先控制方案,从而为应急车辆查找最佳出行路径。

3.2 应急车辆单点信号优先控制策略

结合视频安全接入系统获得的实时信息,提出了以应急车辆交叉口平均延误时间最小为目标的两种不同优先控制策略^[13-15],分别如下:

(1) 缩短红灯时间。

当应急车辆到达交叉口时刚好是红灯,采取缩短红灯时间的方式进行优先控制。在这个时候,应设置通行方向的最小绿灯时间 G_{\min} 。如果此时相位的绿灯时间达到 G_{\min} ,则应提前开启绿灯,缩短应急相位的红灯时间,给应急车辆提供尽量多的通过交叉口的时间;否则当绿灯时间达到 G_{\min} 后,马上开启应急车辆所在相位的绿灯。

G_{\min} 的确定应保证行人过街安全和行车安全。其计算过程如下:

$$G_{\min} = \max \{ G_{\min1}, G_{\min2} \} \quad (3)$$

$$G_{\min2} = 7 + \frac{L_p}{v_p} - I \quad (4)$$

其中, $G_{\min1}$ 主要是为了保证行车安全,以免绿灯时间太短、后车刹车太慢,从而造成事故的最小绿灯时间,一般取 7 ~ 13 s; $G_{\min2}$ 为保证行人安全过街的最小绿灯时间; L_p 为行人过街道长度; v_p 为行人过街速度,一般取 1.2 m/s; I 为绿灯间隔时间。

(2) 延长绿灯时间。

当应急车辆刚好在绿灯期间到达交叉口时,首先判断应急车辆能否在正常绿灯时间 G_0 内通过交叉口:如果应急车辆能够正常通过交叉口,则不采取任何信号优先控制策略;如果应急车辆不能顺利通过交叉口,则应该将最大绿灯时间 G_{\max} (一般不超过 60 s) 与应急车辆通过交叉口时间 ΔG 及相位剩余绿灯时间 G_L 之和进行比较。如果这两者之和大于 G_{\max} ,则在下个周期提前开启这一相位绿灯,从而降低应急车辆在交叉口的延误;如果这两者之和在 G_{\max} 内,则应继续延长这一相位的绿灯时间,使应急车辆快速通过交叉口。

该应急车辆单点信号优先控制的计算过程如下所示:

$$\begin{cases} \text{不采取优先措施: } \Delta G + G_L \leq G_0 \\ \text{延长绿灯时间: } G_0 < \Delta G + G_L = G_{\max} \\ \text{下周期提前绿灯: } \Delta G + G_L > G_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

$$\Delta G = h_s (Q - 1) \quad (6)$$

其中, h_s 为饱和车头时距; Q 为绿灯相位应急车辆进口道路交通流量。

4 结束语

为了保证事发现场的监控资源能够安全、快速地接入到应急指挥中心内网,在有线视频安全接入方案的基础上,重点提出了无线警用移动视频的安全接入方案。该方案已在多地公安省厅投入运行,效果良好。同时依据上述获得的实时数据,提出了紧急事件交通流诱导的模糊控制策略,确定了紧急事件影响范围内路况的信号配时方案,从而在微观层面上实现对路网上拥堵车辆的诱导和控制。依据紧急事件事发现场交通流的运行情况,提出了紧急事件应急车辆的信号优先控制策略,以便应急车辆能够快速到达事发现场。总的来说,提出的交通流应急控制策略能够充分运用不同网域间接入的视频信息,同时结合相应的控制策略来实现影响范围内交通流的诱导以及应急车辆的信号优先控制。然而还存在一定的不足,主要体现在所采取的模糊控制策略只考虑到单个路段或者单个交叉口的信息,而对整个影响范围内交通流的分布特征考虑不足。

参考文献:

- [1] 黄凯奇,陈晓棠,康运锋,等. 智能视频监控技术综述[J]. 计算机学报,2015,38(6):1093-1118.
- [2] 刘 阳. 基于 USBkey 认证的 SSL VPN 网络的设计与实现[D]. 长春:吉林大学,2014.
- [3] 吴冀衍,程 渤,南国顺,等. 面向异构无线网移动视频传

以实际对星卫星信号较强且稳定跟踪位置为原点,方位方向上左右摆幅 20° ,并规定扫描时间为 10 s ,由频谱仪读出此方向图。

区间范围为 $[-20,20]$, $n=100$ 精确到小数点后一位取值。规定每一代的种群数量为 6 ,设置最大迭代次数为 $T=100$, $P_c=0.7$,进化后期 $P_m=0.02$ 。

5 结束语

文中通过运用交叉和变异概率可自适应的小生境遗传算法对实际天线方向图数值进行优化,能够较快地找到全局最优值。为天线在搜星状态下最快地找到方向图中全局最大点提供了可靠而又快速的算法。

参考文献:

[1] 张金虎. 卫星天线的原理及维护[J]. 数字通信世界,2015(2):25-28.

[2] 黄平. 最优化理论与方法[M]. 北京:清华大学出版社,2009.

[3] 李文科. 基于遗传算法的数据挖掘技术的研究[D]. 长沙:中南大学,2009.

[4] Zaharie D. A multipopulation differential evolution algorithm for multimodal optimization[C]//10th international conference on soft computing. [s. l.]:[s. n.],2004:16-18.

(上接第146页)

输的联合信源信道编码方式[J]. 计算机学报,2015,38(2):439-454.

[4] 陈希宏,金跃辉,杨谈. 3G网络中移动视频质量评估模型的研究[J]. 计算机科学,2015,42(9):86-93.

[5] Wu Jiyan,Cheng Bo,Shang Yanlei,et al. A novel scheduling approach to concurrent multipath transmission of high definition video in overlay networks[J]. Journal of Network and Computer Applications,2014,44(5):17-29.

[6] 马卓,马建峰,李兴华,等. 可证明安全的可信网络连接协议模型[J]. 计算机学报,2011,34(9):1669-1678.

[7] 龚葵. 城市交通诱导与控制的融合研究[D]. 北京:北京科技大学,2015.

[8] Fonzone A,Schmocker J D,Ma Jiangshan,et al. Link-based route choice considering risk aversion and regret[J]. Transportation Research Records,2012,2322:119-128.

[9] 王国明,李夏苗,邹华鹏. 城市群道路网络上交通流的演化分析[J]. 交通运输系统工程与信息,2014,14(2):7-12.

[10] Engelson L. Ondynamics of traffic queues in a roadnetwork

[5] 赵雅婧. 车载“动中通”卫星通信地球站系统控制性能的研究与改进[D]. 南京:南京邮电大学,2014.

[6] 王丽娜. 卫星通信系统[M]. 北京:国防工业出版社,2006.

[7] 华洁,崔杜武. 基于个体优化的自适应小生境遗传算法[J]. 计算机工程,2010,36(1):194-196.

[8] Yang M S,Wu K L. A modified mountain clustering algorithm[J]. Pattern Analysis & Applications,2005,8(1):125-138.

[9] 王小平. 遗传算法[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002.

[10] Thierens D. Scalability problems of simple genetic algorithms[J]. Evolutionary Computation,1999,7(4):331-352.

[11] 刘智明,周激流,陈莉,等. 一种维持种群多样性的遗传算法变异算子的研究[J]. 小型微型计算机系统,2003,24(5):902-904.

[12] 袁亚湘. 最优化理论与方法[M]. 北京:科学出版社,1997.

[13] 郑宣耀,王芳. 一种改进的小生境遗传算法[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2005,17(6):721-723.

[14] 张明辉,王尚锦. 具有自适应交叉算子的遗传算法及其应用[J]. 机械工程学报,2002,38(1):51-54.

[15] Ando S,Suzuki E,Kobayashi S. Sample based crowding method for multimodal optimization in continuous domain[C]//IEEE congress on evolutionary computation. [s. l.]:IEEE,2010:1867-1874.

[16] 刘晓明,王志强,曹云东,等. 取消变异的小生境遗传算法及应用[J]. 沈阳工业大学学报,2009,31(5):553-557.

with route choice based on real time traffic formation[J]. Transportation Research Part C,2003,11(2):161-183.

[11] 王力,李岱,何忠贺,等. 基于多智能体分群同步的城市路网交通控制[J]. 控制理论与应用,2014,31(11):1448-1456.

[12] 陈岳明,萧德云. 基于动态交通分配的路网应急疏散模型[J]. 清华大学学报:自然科学版,2009,49(8):1102-1105.

[13] 赵韩涛,翟京,毛宏燕,等. 城市应急车辆调度模型优化研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2010,10(4):125-130.

[14] Xu Tiandong,Hao Yuan,Peng Zhongren,et al. Real-time travel time predictor for route guidance consistent with driver behavior[J]. Canadian Journal of Civil Engineering,2011,39(10):1113-1124.

[15] Xiang Huaikun,Ji Wenchao. Research of early warning mechanism for traffic safety based on internet of things[J]. Advances in Information Sciences and Service Sciences,2012,4(3):131-138.