

文章编号: 1002-0268 (2000) 03-0029-04

基于路况信息的城市道路交通管理控制

张飞舟, 范跃祖, 孙先仿

(北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 阐述一种新型的路况信息监控器——远程交通微波传感器 RTMS 的工作原理及技术特性, 并与其它道路交通检测技术性能进行了分析比较。RTMS 用于交叉路口的信号灯控制管理, 根据 RTMS 对交叉路口交通状况的实时探测, 实现对交叉路口的自寻优控制, 可有效地疏导交通, 改善道路交通的通行能力, 提高交通运输效率和行车安全。
关键词: 自寻优控制; 路况信息; 交通管理; 交通控制; 微波传感器
中图分类号: U491.1 **文献标识码:** A

Urban Traffic Management and Control Based on Road Condition Information

ZHANG Fei-Zhou, FAN Yue-Zue, SUN Xian-Fang

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract The operating principle and technical characteristics of a new type of road condition information monitors called remote traffic microwave sensors (RTMS), are expatiated upon in this paper, and its technical characteristics are compared with those of other road traffic detectors. RTMS are applied to control signal lights at intersection, with RTMS real-time traffic information, carrying out self-optimization control of traffic so as to enhancing road traffic capacity, increasing traffic efficiency and travelling safety.
Key words: Self-optimization control; Road condition information; Traffic management; Traffic control; Remote traffic microwave sensor (RTMS)

随着社会经济迅速发展, 城市机动车量不断增加, 导致城市交通车辆猛增, 许多大城市出现了交通超负荷运行, 这已成为交通运输管理和城市规划部门需要亟待解决的问题。作为道路交通状况监控管理的新技术, 车辆路径引导系统向行驶在道路上的车辆提供路况信息, 可引导车辆避开交通拥挤路段, 从而缓解道路交通拥挤状况^[1]。本文利用远程交通微波传感器 (RTMS, Remote Traffic Microwave Sensor) 进行道路交通监控, 以此获得准确、可靠的路况信息, 从而实现最佳的城市道路交通控制。

1 远程微波传感器 (RTMS)

道路交通检测器有许多种类, 绝大多数对安装场

地和环境有一些特殊要求, 而且检测范围也比较窄, 只能用于单车道的监测。能用于多车道的技术有两种: 视频图像检测处理技术和再现雷达技术。视频图像检测处理技术是将摄像机的现场视频信号输入信息处理机进行自动识别, 易受现场照明条件限制, 不能检测到静态车辆, 对安装摄像机的线杆稳定性要求高, 维护工作量大, 而且性能不稳定, 价格比较高。本文所使用的道路远程微波传感器 (RTMS), 是一种在微波频段工作的雷达探测器, 可安装在路旁的线杆上, 安装简便, 维护方便, 是一种探测效率高、成本低廉的高科技探测器。

1.1 工作原理

用于城市道路管理和高速公路监测系统的路况信

收稿日期: 1999-07-26
基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目 (863-306-ZT04-03-4)
作者简介: 张飞舟 (1966—), 男, 湖南邵阳人, 北京航空航天大学博士研究生, 现从事智能控制、智能故障检测及智能交通系统等方面的研究。

息监测的远程微波传感器 RTMS, 具有全天候、多道性、准确率高、真实再现的特点, 可同时探测 8 条车道, 采集各车道的车流量、道路占用率和平均速度等数据, 而且能探测静态车辆的排队状况。RTMS 输出信号与一般常见的检测器兼容, 可通过数据接口与控制系统相联或直接替代传统的多个感应线圈探测器。RTMS 以低功率微波信号在扇形光线区域内发射连续调制微波, 光线在表面上“画出”一道长长的投影 (其原理示意图如图 1 所示)。

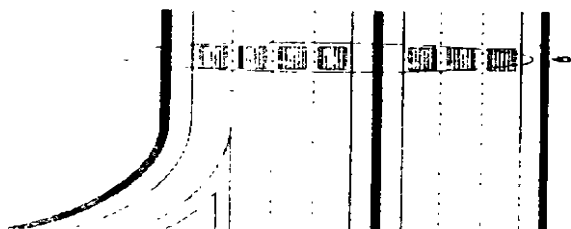


图 1 RTMS 监控路况信息原理示意图

任何没有背景的目标都会返回给 RTMS 目标的位置和所测试到的范围。测量范围解决方案许可 2m 为 1 “层”的层面在车道掠过的范围可最多构建 32 层。可根据需要对每条车道定义 1 层或多层, 每 30 ~ 300s 将一份包含每条车道 (上行和下行) 的车流量、道路占用率和平均速度等数据传输到管理控制中心。RTMS 用 1 台笔记本电脑就可启动, 程序设置允许根据用户需要定义操作模式, 设置车道的位置、数量以及相应的参数。每辆在视野中出现的车辆都在屏幕上以 1 个符合其范围的“标志”显示, 用户可识别相对每辆它在公路上看到的车辆标志。仅在屏幕上移动 1 个道路标志盒来包围标志, 便可定义道路的位置。可包括 1 条或多条车道, 一旦道路被定义, 其相应的连接部分将在每一次标志之上显示关闭。当所有的道路被定义后, 一个简单的观察或与 RTMS 的手工计数对照完成核对。

RTMS 有两种监控方式, 即单车道和多车道监测。如果只需要监控单车道, 将其安装在被监测车道的正向前方 (如图 2 所示)。

在车道未被定义的情况下, 正向安装方式对于单车道控制或再现在多车道中的车辆和排队长度非常有用。由于它的排队能力和微波衍射效果, 能检测出被其它车辆挡住的车辆。如果需要监控多车道, RTMS 侧向安装就可监测每条车道的交通信息 (见图 1 示意图)。

1.2 技术特性

1. 多车道性 由于多数检测器只能监测单车道,

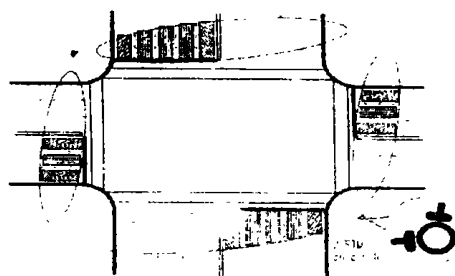


图 2 RTMS 监控单车道示意图

在多车道的公路上应用时, 在每一安装处都需要由多个检测器单元组成。因此带来高频的成本和复杂的安装, 并随着单元和布线的增加使得可靠性下降, 而且维修不便。RTMS 可以根据车的长度探测在多达 8 条车道的每条车道上车的类型、道路占用率、流量以及平均速度, 能够方便、可靠、稳定地安装在现有的线杆上 (安装高度一般为 5m 左右)。

2. 真实再现 通常交通检测器不具有再现功能, 如果物体移动得很慢或不动, 就不能探测到交通情况。也就是说, 对于这类检测器来说, 一条交通拥挤的道路看起来是一条空路。RTMS 和感应线圈一样, 是一种能够真实再现的传感器, 不论车辆是静止的还是移动的, 都能真实探测到路况信息。

3. 全天候及准确性 除了微波检测器以外, 所有的检测器在天气变化时维持良好的运行都有困难。被动视频和短波红外线设备不能在雾、大雨和雪中运行。超声波检测器非常容易受到由风引起的振动的影响。RTMS 作为一种实时再现的雷达设备, 由于它的波长长, 能够全天候工作, 具有独一无二的区域检测能力, 可以从多角度保持其准确性。

2 RTMS 技术性能比较分析

道路交通检测技术目前有许多种, 通常可根据不同的道路监控需求, 采用不同的交通检测技术。不同的交通检测技术它们有各自的优缺点, 常见交通检测技术性能比较可见表 1^[2]。

3 应用分析

为了能够详细了解和监控道路交通状况, 交通管理部门可采用先进、高效的交通检测器——RTMS 用于交叉路口信号控制、车速检测、车辆识别以及城市道路或高速公路车辆计数等。这样, 交通管理部门可以准确地了解道路交通状况, 掌握路况信息, 以便更加有效地指挥管理道路交通。以下就 RTMS 应用的场合进行简要分析^[3]。

常用交通检测技术性能比较 表 1

检测技术	技术优点	技术缺点
微波真实现场检测	在恶劣气候下性能出色；可检测静止的车辆；能以侧向方式检测多车道；直接检测速度	具有一定的局限性
微波多谱勒检测	在恶劣气候下性能出色；直接检测速度	不能检测静止或低速行驶的处理；以向前方式用定向天线跟踪单车道
超声波检测	体积小、易于安装	性能随温度和气流影响而降低
声学检测	根据特定车辆的声学特征识别该车辆	为识别车辆需将接收信号进行大量的除去背景噪声的处理
可见光视频检测	为事故管理提供可视图像；提供大量交通管理信息；单台摄像机和处理器可检测多车道	大型车辆能遮挡随行的车辆；阴影、积水反射或昼夜转换可造成检测误差
红外线视频检测	昼夜可采用同一算法而解决昼夜转换的问题	可能需要很好的红外线焦平面检测器，通过提供概率，降低可靠性来实现高灵敏度
磁力计检测	检测小型车辆，包括自行车；适合在不便安装线圈场合采用	很难分辨纵向过于靠近的车辆
感应线圈检测	线圈电子放大器已标准化；技术成熟、易于掌握；计数非常精确	安装过程对可靠性和寿命影响大；修理或安装需中断交通；影响路面寿命；易被重型车辆、路面修理等损坏

1. 城市交通信号控制系统 一种能够配合信号控制器使用的城市交通控制系统，控制器根据 RTMS 探测到的车流量、道路占用率、平均车速等实时交通信息，自动编程控制信息灯的指示，有效地指挥调度和控制道路交通（其示意图如图 3）。

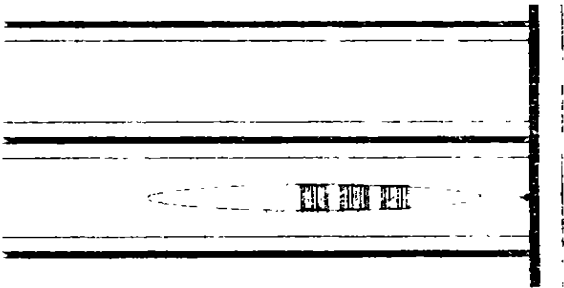


图 3 RTMS 用于十字路口信号灯控制示意图

2. 高速公路交通管理 采用 RTMS 构成的高速公路机动车交通管理系统，可实现高速公路的自动事故检测。RTMS 安装简便的结构和支持无线连接性能，比有线系统更经济，而且基于 Windows 的软件，可用来分析 RTMS 单元传过来的数据。

3. 远程车流量管理 一种能自动控制的机动车辆计数系统。它由 RTMS 提供存储能力，可将测得的数据进行存储或通过拨号 MODEM 或 MODEM 传输到交通管理信息中心。RTMS 自带分析和报告软件，探测器还可用电池和太阳能供电。与该系统配套的还有 RTCP（远程交通计数套件），该计数器作为交通信息的存储部件，可存储 7 天的路况信息。

4. 区域交通事故报警系统 一种能为数据库收集真实交通数据的完备系统。它由 RTMS 探测器、无线 MODEM、控制器和电脑软件组成。由于数据可通过电话线（四芯）进行传输，因此，应用灵活且线路成本低。

4 实际研究

众所周知，城市道路交通控制主要是指交叉路口的信号灯控制。城市街道具有平面交叉的特点，通常信号灯控制采用固定周期换信号灯的 control 方式。由于目前许多交通灯系统的功能不够完备，交通控制妥善解决各方向车流的优化控制，特别是街道网络交通的复杂性，再加上行人和自行车交通的混合，使城市街道交通控制问题显得更加复杂。交叉路口的交通控制除了采用定时控制外，还可采用车辆响应控制、自寻优控制以及最优控制等多种控制方式，以有效地疏导或缓解交通，保持最优的城市道路交通控制。使用 RTMS 监测交叉路口的路况信息，可实现交叉路口的自寻优控制。

自寻优控制就是在交通流状况发生重大变化时也能保持最佳的交通控制。图 4 为交叉路口的示意图，交通运动 a_1 、 a_2 分别同 b_2 、 b_1 相冲突。一旦方向 a_1 (a_2) 的绿灯需求为零，则相应的方向 b_2 (或 b_1) 即为绿灯，即从相位 $A = (a_1, a_2)$ 过渡到 $B_1 = (a_1, b_1)$ 或 $B_2 = (b_2, a_2)$ ，这要看 a_1 、 a_2 哪个运动先结束。如果 a_1 、 a_2 同时结束或最大绿灯时间终止，则选择 A 到 $B = (b_1, b_2)$ 的过渡。此后的相位转移情况与此类似，其相序转换示意图如图 5 所

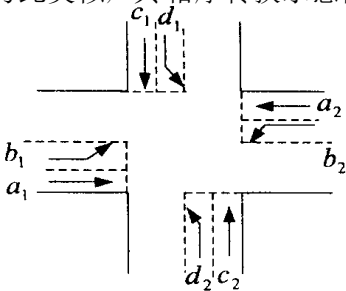


图 4 十字交叉路口示意图

示^[4,5]。

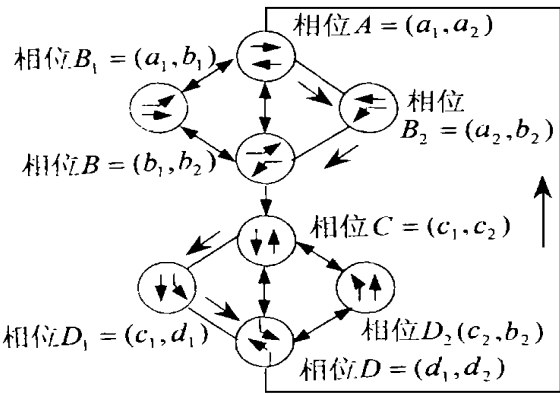


图 5 相序转换示意图

假设各方向绿灯需求符合如下关系： $a_2 > a_1$, $b_2 > b_1$, $c_1 > c_2$, $d_1 > d_2$, 则相序应为 $A - B_2 - B - C - D_1 - D - A$ 。

为了能够实时地进行以上相序选择，须采用有效的算法确定最优的相位时间长度（绿信比）。其算法的关键就是延长某相位绿灯所能获得的预期收益同这样做所带来的在相关相位上的损失相比较。如果合算则延长；否则切换相关相位的绿灯。

假定当前相位 A 为绿灯，是否将延长该绿灯一小阶时间 Δt ，这主要取决于其性能指标函数 Q_A

$$Q_A = G_A (\alpha_{Av}, \alpha_{Ab}, \alpha_{Ap}) - L_B (\beta_{Bv}, \beta_{Bb}, \beta_{Bp}, \Delta\beta_{Bv}, \Delta\beta_{Bb})$$

其中， G_A 为 A 相绿灯延长 Δt 对 A 方向带来益处处； L_B 为这样做在 B 方向带来的损失。 A 、 B 方向上的车流量采用 RTMS 进行路况监测（其监测方式可参见图 3），参数 α_{Av} , α_{Ab} , α_{Ap} 分别为在 Δt 时间内 A 方向上增加的小客车、大客车、行人通过量；参数 β_{Bv} , β_{Bb} , β_{Bp} 分别为 A 相绿灯延长 Δt 时在 B 方向上增加的小客车、大客车、过路人排队量；参数 $\Delta\beta_{Bv}$, $\Delta\beta_{Bb}$ 分别为在上述情况下 B 方向上增加的小客车、大客车停车损失。 G_A 、 L_B 可按如下计算

$$\left. \begin{aligned} G_A &= \lambda_A (\rho_v \alpha_{Av} + \rho_b \alpha_{Ab} + \rho_p \alpha_{Ap}) + \tau_v \alpha_{Av} + \tau_b \alpha_{Ab} \\ L_B &= \Delta t (\rho_v \beta_{Bv} + \rho_b \beta_{Bb} + \rho_p \beta_{Bp}) + \tau_v \Delta\beta_{Bv} + \tau_b \Delta\beta_{Bb} \end{aligned} \right\}$$

其中， λ_A 为相位 A 在立即终止绿灯后至下一周期绿灯开始所需要等待时间； ρ_i 为每延误 1s 所产生的经济损失（分别对小客车、大客车、行人）； τ_i 为停车一次造成的经济损失（分别对小客车、大客车）。那么，判别是否延长 A 相绿灯的准则为^[9]

$$Q_A = \begin{cases} \geq 0, & \text{则延长运行中的 } A \text{ 相绿灯} \\ < 0, & \text{则转换到下一个相位} \end{cases}$$

综上所述，要确定各相位的配时和确定相序转换，必须通过 RTMS 连续检测各支路口的车辆，以此估算 A 相绿灯延长 Δt 对 A 方向带来益处处 G_A 以及这样做在 B 方向带来的损失 L_B 。

5 结束语

城市规模的扩大，使城市交通控制显得越来越重要。要有效地控制城市道路交通，缓解目前道路拥挤状况，减少环境污染，交通管理部门就必须采用先进技术手段，运用先进可靠的检测技术，实时准确地监控路况信息，以便为城市道路交通智能化控制提供可靠的信息保证。

参考文献：

[1] 贺国光，徐岩宇．车辆线路引导系统的行驶时间预测模型研究．中国公路学报，1998，11（3）：79—86。
[2] Claudio Meneguzzer. Review of Models Combining Traffic Assignment and Signal Control. Journal of Transportation Engineering, 1997, 123（2）：148—155。
[3] Yang H, Yagar S. Traffic Assignment and Signal Control in Saturated Road Networks. Transportation Res. — A, 1995, 29A: 125—139。
[4] Smith M J, Van Vuren T. Traffic Equilibrium with Responsive Traffic Control. Transportation Science, 1993, 27: 118—132。
[5] 荆便顺．道路交通控制工程．北京：人民交通出版社，1995。