

# 智能交通系统消息交换的复杂度研究

梁 伟, 郑 印, 王沁艳, 李 盼, 冯 杰  
(常熟理工学院 计算机科学与工程学院, 江苏 常熟 215500)

**摘 要:**针对道路上自动化管理的智能交通难题,利用车辆无线传感器网络对车位检测的辅助定位进行了研究,阐述了基于无线传感器网络的智能交通在提高车辆行驶的安全和效率方面的优势。首先讨论无线传感器网络技术在交通道路系统中的整体应用以及该技术在国内外的发展现状以及分析;然后讨论交通道路传感器网络系统的总体概述;接着对车辆传感器网络辅助定位的理论进行了深入的分析、数据的计算;最后详细地给出了计算车辆传感器网络广播协议的消息传输总时间复杂度的公式。

**关键词:**无线传感器网络;车位检测;时间复杂度;消息复杂度

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)01-0081-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.021

## Study on Complexity of Message Exchange in ITS

LIANG Wei, ZHENG Yin, WANG Qin-yan, LI Pan, FENG Jie

(School of Computer Science and Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, China)

**Abstract:** In view of the problem of intelligent transportation of automated management, the assisted positioning of the parking space detection is researched using traffic wireless sensor networks. Describe the advantages of improving vehicle safety and efficiency of intelligent transportation based on wireless sensor network. First discuss the overall application of wireless sensor network technology in traffic road system, the current development of the wireless sensor network technology at home and abroad, and analyze it. And then discuss a general overview of the traffic and road sensor network system. After that, conduct an in-depth analysis of the vehicle wireless sensor network assisted positioning theory, and the data calculation. Finally, give a formula of the total time complexity of message transmission for vehicle sensor network broadcast protocol.

**Key words:** wireless sensor network; parking detection; time complexity; message complexity

## 0 引言

当前交通产业主要考虑的问题是通过提高效率、质量、安全性,减少能源消耗以及降低环境的污染来提升现有的交通系统<sup>[1]</sup>。智能交通就是通过利用融合通信、电子和信息技术来达到这个目标。

智能交通系统(ITS)在交通管理方面的应用范围包括信号灯自适应控制、坡度测量、中途驾驶员状况信息、优化行车路线选择、停车指导和交通事故检测与管理<sup>[2]</sup>。系统实现这些功能需要可靠和连续的交通数据,包括实时的车流、车速和占用路面的状况,这些都可以通过在道路交通网部署传感器网络来提供数据<sup>[3]</sup>。当前由于缺乏先进的交通检测技术,在学术界智能交通技术已经在减少交通事故率、加快速度和降低排放污染方面进行了深入研究和分析,但是这些成

果大多没有应用到实际中去。

## 1 交通道路传感器网络系统的总体概述

如今大量车载可移动的传感器和固定无线联网的传感器新技术不断涌现,车载移动传感器系统用于探测车辆所处的地理位置、车速,并且和移动无线终端分享所感知的数据<sup>[4]</sup>。车载系统是很值得研究的,因为不需要建设固定的基建设施,所以成本很低,很灵活,当车流密度很高的时候比如塞车的时候,车载系统所得到的抽样数据是非常有用的。另一方面车载系统在可靠性和准确性方面也有缺点。因为不是所有的车都装了这种系统,这就依赖装备有车载系统的车流扩散到道路网络上的程度<sup>[5-6]</sup>。未来有可能的解决办法是,融合车载传感器网络和部署到道路上的传感器网

收稿日期:2013-03-01

修回日期:2013-06-07

网络出版时间:2013-09-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61202440)

作者简介:梁 伟(1971-),男,湖南桂阳人,博士,高级工程师,副教授,研究方向为计算机通信网及IP技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130929.1523.025.html>

络来一同实现智能交通<sup>[7-8]</sup>,这在城市经常发生堵车的地区很有必要。

无线传感器网络(WSN)由于具有低成本和可扩展无线网络配置的特点,大小只有几厘米便于快速安装,数据出错率也相对较低,因此在交通监测方面有广阔应用前景。比起目前的监测技术来说,因为采用无线连接,所以降低了安装和维护成本。同时部署起来有很大的灵活性,沿着公路网可以大规模安装,从而对动态变化的交通状况提供精确监测数据。利用高密度的监测数据可以构建一个连续的虚拟的交通流量模式。

文中阐述了一个基于 WSN 的交通监测系统,这个系统通过采集高密度的感知数据流从而可以确定公路交通发生异常的具体位置,并且有助于构建实时空间位置的交通流量模型。

文中提出了一个智能交通(ITS)的总体结构,在这个结构中主要通过 WSN 监测系统来采集交通数据,并且向用户提供多种服务<sup>[9]</sup>。在整个公路上部署交通传感器网络,采集数据并且发送给远程服务器。服务器汇集并且处理来自各种不同结构的监测系统的宏观参数交通数据流,然后服务器向交通管理中心、道路控制单位和交通信息提供商发布数据。宏观数据参数也可以用来进行交通分析、交通管理或者用于道路安全方面的应用。

在道路和十字路口广泛部署无线传感器网络可以显著提升城市交通控制的效果。目前通常采用磁感应线圈和视频图像处理有线的传感器来控制十字路口信号灯。根据感知的交通状况,比如根据到达十字路口的等待车辆的排队长度,可以灵活调整交通信号灯的计时时间。在某些应用中对红绿灯所亮时间进行优化处理或者定出公共交通的优先级。WSN 控制系统的数据可以来自各种结构的传感器如磁感应线圈、雷达、摄像头和气象站等,从而对交通状况作出准确估计。更进一步,还可以通过 MSN 实现车辆检测和识别来估计车辆行驶通过的时间。

高质量高密度的测量数据很关键,交通控制系统可以依据数据记录和实时数据进行交通状况做预告。与流体动力学对工程量的表示相类似,宏观模型描述车流、密度和速度等交通参数。而微观模型追踪单个车辆的运行路线和行驶轨迹。观察测量固然重要,但是更要确保在传感器失效、工作不正常和产生干扰的情况下获得准确的测量数据<sup>[10]</sup>。为了提高交通估计的准确度就要提高传感器的部署密度,实验证实了如果提高在道路上基于 WSN 的监测传感器部署密度可以显著提高异常交通流量的定位准确度。

在智能交通无线传感器网络中,由安装在道路两

旁的汇聚传感器节点组成了一个网状自组织的多跳网络架构,由专门的传感器终端节点负责交通参数数据信息采集,并与相邻的汇聚节点构成星型网络,它们之间进行数据通讯,最后采集的交通信息数据将被传输到网关节点<sup>[11]</sup>。网关节点通过汇聚节点汇集来自终端节点的自采集到信息,网关在进行数据融合之后,经过数据处理得出道路车辆流量、位置以及车辆行使的速度等相关信息,因此为交叉路口交通信号的控制提供可靠而准确的交通信息服务。

## 2 车辆网络的通信和通信时间复杂度

车辆位置检测的网关协议有以下三种:

- (1)主动模式:位于网络中的网关可以通过车辆网络广播自己;
- (2)被动模式:请求车辆在整个网络中发出请求信息;
- (3)混合模式:网关周期性广播自己,车辆在广播区域之内主动发送广播请求消息报文。

文中阐述一种新的混合式的自我调整辅助位置来确定网关广播及网关发现协议。提出这种方法不但综合了以前的研究成果,又可以做到自我调整自适应。以网关的位置分布方式和动态变化方式来确定网关的主动广播区域。下面来讨论通信时间复杂度的计算。

### (1)主动广播的区域确定。

首先考虑网关  $G$  试图发送广播消息给源车辆。主动广播的区域面积由网关  $G$  确定,位于主动广播的区域面积中的车辆,当这个车辆收到一个网关发送的广播消息时,为了能够确认源车辆已经收到网关发出的广播消息,考虑主动广播区域的预期范围。为了保证网关  $G$  和车辆  $V$  位于一个相同的主动广播的区域,如图 1 所示其他区域也可以考虑增加进来。在这种算法中,提出计算一个锥形主动广播的面积。假如知道了预期广播的区域是一个以  $(t_1 - t_0) * v$  为半径的圆形区域,那么所提出的锥形主动广播的区域面积将是所能够得到的最小广播面积。

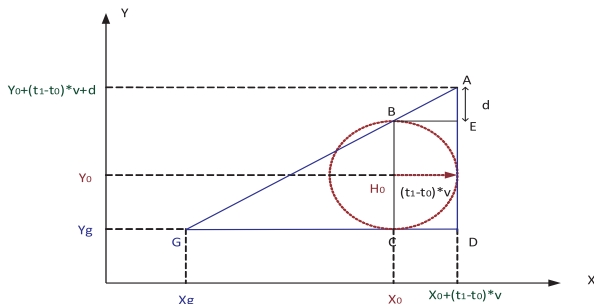


图 1 锥形的主动广播的区域面积

### (2) 计算通信消息数量。

首先来确定主动广播的区域面积,然后再来计算

车辆网络中通信消息数量。

① 计算主动广播模式的区域面积。

在  $t_0$  时刻车辆  $V$  以速度  $v$  行驶,位置处于点  $H_0(x_0, y_0)$ , 网关  $G$  的固定位置位于点  $G(x_g, y_g)$ , 网关在下一

$$S_1 = \frac{(x_0 + (t_1 - t_0) \times v - x_g) \times (y_0 + (t_1 - t_0) \times v + \frac{2 \times (t_1 - t_0)^2 \times v^2}{x_0 - x_g} - y_g)}{2}$$

图2中矩形  $ABCD$  为矩形的主动广播范围的面积,经计算这个矩形广播范围的面积是:

$$S_2 = (x_0 + (t_1 - t_0) \times v - x_g) \times (y_0 + (t_1 - t_0) \times v - y_g)$$

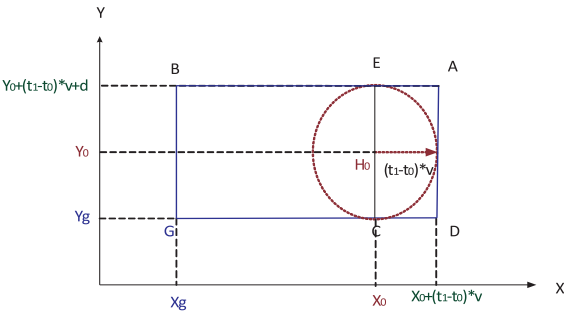


图2 矩形的主动广播的区域面积

图3表示半圆形的主动广播范围的面积,经计算这个半圆形广播范围的面积是:

$$S_3 = \frac{\pi \times (x_0 + (t_1 + t_0) \times v - x_g)^2}{2}$$

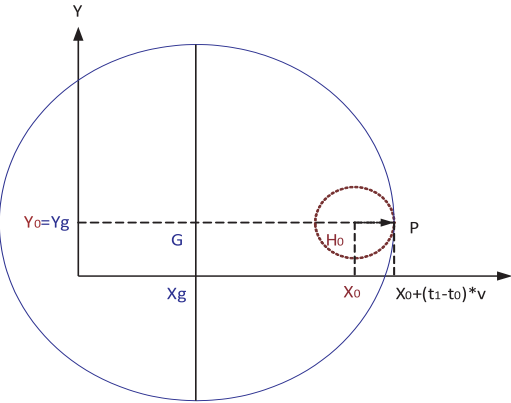


图3 半圆形的主动广播的区域面积

② 车辆网关的广播消息的数量的计算。

在  $t_0$  时刻车辆  $V$  以速度  $v$  行驶,位置为  $H_0(x_0, y_0)$ , 网关  $G$  所处的固定位置为  $G(x_g, y_g)$ , 网关广播的下一周期开始时间为  $t_1$ 。网络中车辆密度设为  $\rho$ , 设网关的广播频率为  $n_d$ 。

在主动广播模式的面积计算中,得出了锥形主动广播面积、矩形主动广播面积和半圆形主动广播面积。由此就可以来确定主动广播面积中车辆的数量是  $N$ :

$$N = S \times \rho$$

周期开始广播的时间为  $t_1$ 。

图1中  $Rt\triangle AGD$  表示锥形主动广播范围的近似面积,经过计算这个主动广播范围的面积是:

(3) 计算请求消息的数量。

$(x_v, y_v)$  是  $V$  的坐标,  $G(x_g, y_g)$  是  $G$  网关的坐标, 设  $\rho$  为车载网络的车辆密度。

考虑当一个服务请求车辆的请求区域处于主动广播区域之外的情况,图4就对此情况进行了说明。在这里探讨的情况考虑到避免传播冗余消息,因此发布请求消息是受到控制的。从而,在主动广播范围的面积中,网络中车辆数量和发布的请求消息数量是相等的。

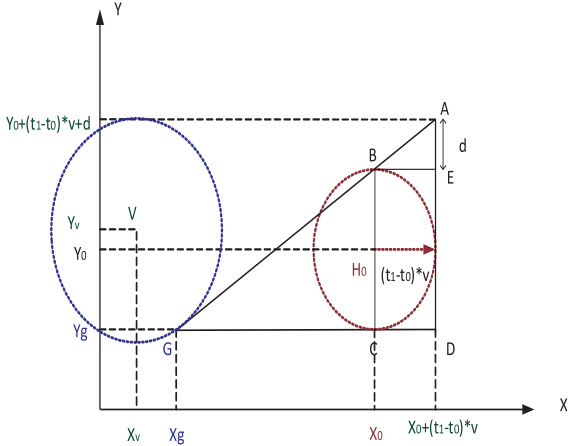


图4 计算通信消息数量

设  $n_q$  为车辆  $V$  发布的请求消息数量,那么

$$n_q = \frac{\pi((x_g - x_v)^2 + (y_g - y_v)^2)}{2} \times \rho$$

(4) 回应消息数量的计算。

在最糟糕条件的情况,这时所有车辆在主动广播范围内排成一条直线,这时回应消息会被主动广播范围内所有的车辆所转发。此时,一个车辆网关发出的回应消息的数量是:

$$n_r = N \Leftrightarrow n_r = S \times \rho$$

式中相应的主动广播面积为  $S$ , 车载网络的密度为  $\rho$ 。

(5) 收到的第一个网关回应的平均时间。

时间复杂度定义为在指定的时间内消息请求的所有车辆收到第一个回复消息的平均时间<sup>[12]</sup>。设  $n_s$  为请求的车辆发给网关消息的数量,则假设在糟糕情况下,由车辆发出的网关请求消息将会被一直不断地传播,直到能够找到一个车辆网关接收消息为止。随后,

网关需要产生一个回应消息,并且回应给消息请求车辆。

因此,令  $n_q$  为请求车辆发送给网关的请求消息数量;令  $n_r$  为网关回应给请求车辆的消息数量;令  $kt$  是消息在车辆网络中所需的传播时间。所以请求车辆收到其第一个回复消息时间是:

$$(n_q + n_r) \times kt$$

从而,一个向网关发出请求的车辆收到的第一个网关回应的平均时间是:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^{i=n_r} (n_q + n_r) / (N \times \lambda t)$$

式中  $\lambda t$  为在车载网络中消息传播所经历的时间。

### 3 结束语

文中讨论了车辆网络辅助定位检测技术,给出了交通道路传感器网络系统的总体概述。提出了混合自适应性的网关广播和发现协议,对在指定的时间内消息请求的所有车辆收到第一个回复消息的平均时间进行讨论,得出了计算方程。在将来的工作中,还可以继续对该方案进行分析评估,或者和其他的已经在道路中应用的无线传感器网络的设计方案进行比较,并将该方案在不同的设计模型中进行应用。

#### 参考文献:

- [1] 冯 驰,刘希胜. 基于 ZigBee 的无线环境监测网络设计[J]. 应用科技,2009,36(5):39-43.

(上接第 80 页)

障树不变化处理时采用递归化法结合矩阵运算来实现,降低了 FTA 的 NP 困难。由于可通过 MATLAB 工具箱中的 find 判断故障树的最小割集是否相交,diff 函数计算其重要度,使得编程更加简单且缩短了软件开发周期。最后,通过对送料不到位故障这一实例进行分析表明该方法有效。

#### 参考文献:

- [1] 胡春宝,张素巧. 应用故障树分析挖掘机液压系统发热故障机理[J]. 液压与气动,2012(2):27-29.
- [2] 康月宁,吴 楠,韩晓鹏,等. 基于模糊故障树的计算机硬件故障诊断[J]. 计算机技术与发展,2012,22(5):10-13.
- [3] 杨宏悦,吴 华,欧阳立华,等. 剪切机送料系统的可靠性分析研究[J]. 核标准计量与质量,2010(1):8-13.
- [4] 倪绍徐,张裕芳,易 宏,等. 基于故障树的智能故障诊断方法[J]. 上海交通大学学报,2008,42(8):1372-1375.
- [5] Brooke P J, Paige R F. Fault trees for security system design

- [2] 孟振飞,赵亚灵,侯贻帅. 基于 ZigBee 技术的无线数传模块设计[J]. 电子元器件应用,2010,12(4):37-39.
- [3] Morgan Y L. Notes on DSRC&WAVE standards suite: Its architecture, design, and characteristics [J]. IEEE communications surveys & tutorials, 2010, 12(4):504-518.
- [4] 郭稳涛,何怡刚. 基于 RFID 的智能停车场管理系统的研究与设计[J]. 自动化技术与应用,2010(6):60-64.
- [5] Zhao Jijun, Li Hua, Zhao Xin. The comparative research on the location technology of wireless sensor networks [J]. Communications and network, 2009, 1(2):114-120.
- [6] 鲁 资,林水生,周 亮. 基于无线传感器网络的温度场绘制[J]. 传感器与微系统,2011,30(6):17-19.
- [7] 孙晋文. 基于 Agent 的智能交通控制策略与可视化动态仿真研究[D]. 北京:中国农业大学,2001.
- [8] 梁 伟,陈燕飞,李 娜. 车辆无线传感器网络广播协议的研究[J]. 电信科学,2012,28(7):64-69.
- [9] 徐 武,杨印根,周卫东,等. 智能交通系统模型的算法分析与改进[J]. 计算机技术与发展,2006,16(12):162-164.
- [10] 杨兆升. 城市交通流诱导系统理论与模型[M]. 北京:人民交通出版社,2000.
- [11] Mak T K, Laberteaux K P, Sengupta R, et al. Multichannel medium access control for dedicated short-range communications[J]. IEEE transactions on vehicular technology, 2009, 58(1):349-366.
- [12] Bi Yuanguo, Liu Kuanghao, Shen Xuemin, et al. A multi-channel token ring protocol for QoS provisioning in inter-vehicle communications [J]. IEEE transactions on wireless communications, 2009, 8(11):5621-5631.

- and analysis[J]. Computers & security, 2003, 22(3):256-264.
- [6] 聂俊岚,王景芹. 基于 VC++ 的故障树定性定量分析系统[J]. 低压电器,2004(12):6-9.
- [7] 张东斌. 基于 VC++ 的大型故障树分析软件研究[D]. 天津:河北工业大学,2005.
- [8] 李 健,韩国栋,孙志鹏. VC++ 调用 Matlab 的方法[J]. 计算机与现代化,2009,16(7):151-154.
- [9] 谢佩军,计时鸣,张 利. VC++ 与 MATLAB 混合编程的探讨[J]. 计算机应用与软件,2006,23(2):128-130.
- [10] 张 晶. 基于 MATCOM 的 VC++ 与 MATLAB 混合编程[J]. 计算机应用,2007,26(5):59-61.
- [11] 刘亚楠,郭三华,涂铮铮,等. VC++ 与 Matlab 混合编程及其在轮辋裂纹检测中的应用[J]. 计算机技术与发展,2007,17(7):233-235.
- [12] 曾声奎. 可靠性设计与分析[M]. 北京:国防工业出版社,2011.

# 智能交通系统消息交换的复杂度研究

作者：[梁伟](#), [郑印](#), [王沁艳](#), [李盼](#), [冯杰](#), [LIANG Wei](#), [ZHENG Yin](#), [WANG Qin-yan](#), [LI Pan](#), [FENG Jie](#)  
作者单位：[常熟理工学院 计算机科学与工程学院, 江苏 常熟, 215500](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)

---

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

---

年, 卷(期): 2014(1)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401021.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401021.aspx)