

基于无线传感器网络车速监测算法

张足生^{1,2} 陈亮²

¹ (东莞理工学院 东莞 523808)

² (中国科学院深圳先进技术研究院 深圳 518055)

摘要 为了构建基于无线传感器网络的大规模、低成本、低功耗的交通信息采集系统,本文提出了一种车辆速度检测算法。将一跳通信范围内的路由节点和多个传感器节点看成是一个子网,路由节点实现子网内的时间同步和车速计算。通过实验验证了该车速检测算法的精度可达到 95% 左右。

关键词 无线传感器网络; 智能交通; 车速监测; 时间同步

A Vehicle Speed Detection Algorithm Based on Wireless Sensor Networks

ZHANG Zu-sheng^{1,2} CHEN Liang²

¹ (Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China)

² (Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China)

Abstract In order to build the wireless sensor network based large-scale, low-cost, low-power traffic information collection system, this paper proposes a vehicle speed detection algorithm. We divide the network into many subnets, and one subnet consists of one router and multiple sensor nodes. The router conducts time synchronization and vehicle speed computing for its subnet. The vehicle speed detection accuracy of the algorithm is verified by experiments.

Keywords wireless sensor networks; intelligent transportation systems; vehicle speed detection; time synchronization

1 引言

城市的发展、汽车的普及给交通带来极大的压力。由此引发的道路阻塞、环境污染等问题严重地困扰着世界各大城市,智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)应运而生。无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是一种融合无线通讯技术、微电子传感器、嵌入式系统的新技术^[1],逐渐被用于交通信息采集领域^[2,3]。将传感器节点部署在车辆、路面、停车场、及交通设施上,利用自组织网络方式将节点采集到的信息经过汇聚处理,实现实时准确的车辆检测、定位、识别、跟踪,获取全面的全路网道路交通信息,以进行交通决策,为人们的出行提供便利。

本文利用磁场扰动车辆检测原理,研究基于 WSN 的车辆速度检测算法。现有算法^[4,5]大都以基站节点实现时间同步和车速计算,随着传感器节点到基站跳数的增加,时间同步的误差越大,从而导致车速检测的精度降低。本文将 WSN 划分为多个子网,每个子网由一个路由节点和多个传感器节点组成,传感器节点采集的车辆信息通过一跳上传到路由节点,路由节点实现子网内的时间同步和车速计算。我们在道路上部署了车速监测实验系统,实验结果验证了该车速检测算法的准确度达到 95% 左右。

2 交通检测

目前已经有多种技术应用于道路动态车辆检测,例如:GPS^[6]、视频^[7]、线圈^[8]、微波雷达^[9]等。这

基金项目:国家自然科学基金(61271005);深圳市科技基金(CXB201104220033A, CXZZ20120831173053551)。

作者简介:张足生,博士,助理研究员,研究方向为无线传感器网络、智能交通系统, E-mail: zushengzhang@163.com; 陈亮,工程师,研究方向为无线传感器网络、嵌入式软件,软件工程。

些技术都有各自的优缺点, 视频虽然采集的内容丰富, 但易受背景环境变化的影响, 且信息处理难度大。地感线圈原理简单、精度高, 但在布设和维护时都会破坏路面, 影响车辆的正常行驶。

无线传感器网络具有微型化、低功耗、低成本等特点, 其磁阻传感器 (Anisotropic Magneto Resistive, AMR) 不易受气候、灰尘或树叶遮挡等干扰, 为道路车辆检测提供了一种理想的解决方案。地球磁场在很广阔的区域 (大约几公里) 是一定的, AMR 传感器可监测由于车辆干扰而引起的地磁场的变化, 如图 1 所示。尤其是在汽车的发送机和车轮部位, 因为那里含有较高的铁磁性物质。近年来, 国内外的科研机构纷纷开展了基于无线磁阻传感器网络的交通检测研究, 例如: 美国加州大学伯克利分校 PATH 项目^[4]、中国科学院计算技术研究所^[5]等。

我国公路交通存在一个严峻问题是交通事故频繁发生, 而发生交通意外往往是车速过快导致的。因此及时提醒驾驶员控制车速十分必要。本文在车辆检测算法^[10]的基础上实现车速检测算法。

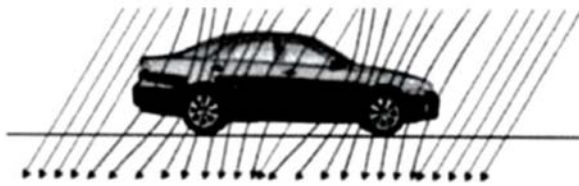


图 1 车辆对地磁场的干扰

3 车速检测

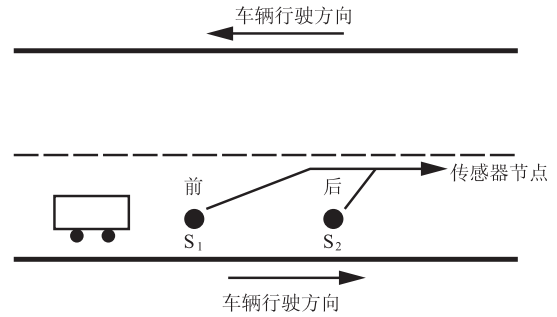
在车道上前后部署两个传感器节点, 两个节点之间的距离是已知的。当有车辆经过时, 前后两个传感器节点不同时间检测到该车辆的波形, 因此利用距离除以两个时间的差值就能够计算出车辆经过两个节点的平均速度。如图 2 是公路测速系统示意图。图中传感器节点 S_1 和 S_2 被布设在行车道上, 节点之间距离为 ΔL 。

磁阻传感器感知车辆所得到的单个轴的信号如图 3 所示, 节点 S_1 和 S_2 输出的检测信号波形是相似的。车辆在此路段的行车速度 \bar{v} 计算式如下:

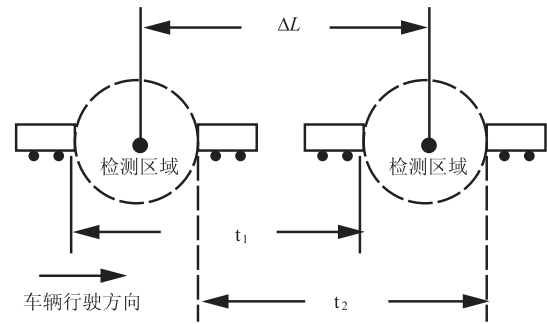
$$v_1 = \frac{\Delta L}{t_1} \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{\Delta L}{t_2} \quad (2)$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (3)$$



(a) 传感器放置示意图



(b) 车速检测示意图

图 2 车辆测速系统示意图

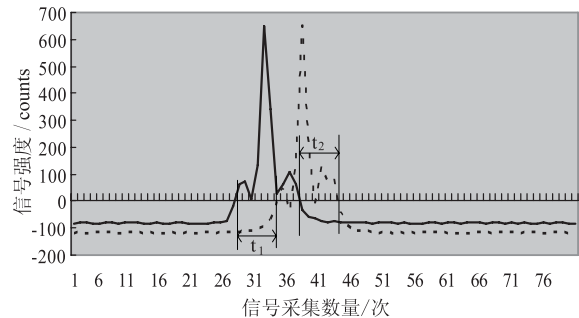


图 3 车辆检测所得到的单轴信号

式中 ΔL 为两个节点间的实际测量的距离; t_1 为两个节点检测到车辆进入的时间差; t_2 为两个节点检测到车辆离开的时间差; v_1 为两个节点检测到车辆进入的速度; v_2 为两个节点检测到车辆离开的速度; \bar{v} 为两个节点检测到车辆速度。

由于传感器个体的差异, 传感器的灵敏度不完全相同, 检测范围也不可能完全相同的。经过实验得知, 同一辆车经过同类型的两个节点 S_1 和 S_2 产生的波形并不完全一样。这样将会与实际的车辆速度产生一个误差, 我们的算法就是要尽可能的降低这个误差。

4 时间同步

节点间的时间同步消除其中的时间误差, 可以提高检测的精度, 是车速算法的关键。现有的时间同步

方法^[4,5]大都采用基站全网同步的方式，在车速监测传感器网络中，传感器节点到基站存在多跳，随着跳数的增加，由基站发起的同步所带来的时间误差也随之增加，造成车速监测的误差增大。本文将时间同步和车速计算限定在一跳通信范围内的子网来实现。将WSN划分为多个子网，每个子网由一个路由节点和多个传感器节点组成，传感器节点采集的车辆信息上传到路由节点，路由节点实现子网内的时间同步和车速计算，子网内信息处理流程如图4所示。

- 1) 节点定义:
 BS: 基站节点
 Sensor: 传感器节点, 负责探测车辆信息
 Router: 路由节点, 负责车速计算及时间同步
- 2) 子网定义:
 子网表: [Router_ID (Sensor_ID)]
 例如: R3(B27, B26, B25, B24)
 表示该子网的路由节点为R3, Sensor为B27到B24, R3负责B27到B24节点的车速计算及时间同步, 每个节点都配置该表
- 3) 收到信息的处理流程:
 i) Sensor
 收到时间同步信息, 查看子网表, 如果是子网内的路由节点发送, 则进行时间同步, 否则忽略
 ii) Router
 Router收到Sensor的信息后, 查看子网表, 如果该Sensor属于其子网, 则进行车速计算

图4 子网信息处理流程图

采取定时触发的同步方式。路由节点对子网内的传感器节点发送同步码指令与本地时间信息 T_{router} , 传感器节点根据收到的同步码指令进行同步。如式(4)和(5)所示, 考虑增加的路由节点MCU的处理时间 $T_{routerProcess}$, 通信模块的处理时间 $T_{routerTran}$ 及空气介质的传播延迟 $T_{tranDelay}$ 以及传感器节点MCU的处理时间 $T_{sensorProcess}$, 结果就是总时间 $T_{detectedNode}$ 。

$$T_{detectedNode} = T_{baseStation} + \alpha_t \quad (4)$$

$$\alpha_t = T_{bsProcess} + T_{bsTrans} + T_{BS-DN} + T_{dnProcess} \quad (5)$$

MCU的处理时间 $T_{routerProcess}$ 、 $T_{sensorProcess}$ 非常短暂, 可忽略不计。而空气介质的传播延迟 $T_{tranDelay}$ 则跟环境有关, 无法精确, 只能多次同步以期达到准确的值。为了减少通信模块的处理时间 $T_{routerTrans}$, 在路由协议实现中, 如图5所示, 使用两级循环队列缓存机制, 指针H与T分别指示队列的首部与尾部。两个队列有优先级之分, 对于时间同步数据放入优先级高的队列, 优先级高的队列中的数据优先发送。这样可以大大缩短时间同步包的发送等待时间。

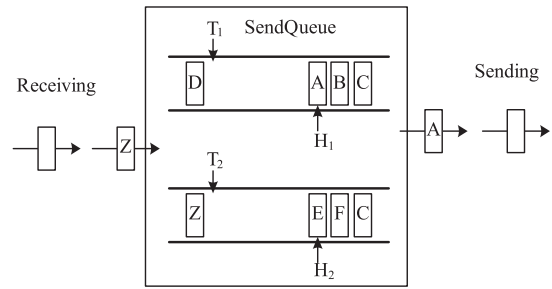


图5 两级缓存队列

5 实验

如图6所示为在道路上放置的车速检测传感器节点。将两对节点分别安放在双车道两侧, 节点编号为{1, 2}, {3, 4}, 每对节点相距5米, 传感器节点的采样频率为75 Hz。路由节点每隔5分钟进行一次时间同步, 在路由节点实现车速计算。如图7所示为上位机软件, 当车辆经过时, 可以直观地显示车速。车辆行驶方向为上车道为3→4, 而下车道为从2→1, 车辆经过后, 在编号为1和4号节点显示车速。

以雷达测速仪所测量的车辆速度作为衡量车速准



图6 传感器部署

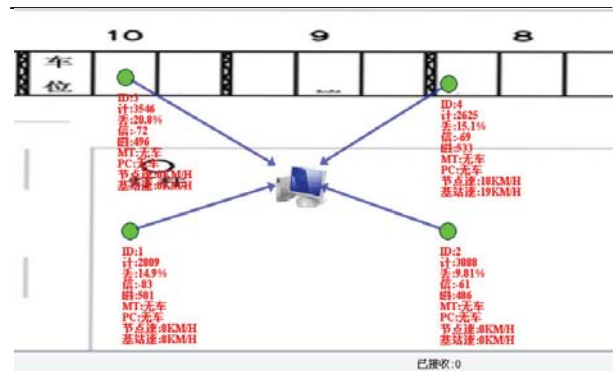


图7 上位机软件界面

确性的标准。如图 8 和表 1 所示为测速仪与传感器节点车速检测对比。当车辆行驶速度为 0~60 km/h 范围内时, 车速监测算法检测准确度较高(>95%)。随着车速的变快, 算法的检测误差也增大。主要是因为车辆高速行驶时, 通过两个测速传感器节点的时间变短, 那么由时间同步所带来的时间误差等因素被放大了。该车速检测系统在一些限速路段或交通灯附近车速不高的路段, 基本能够符合要求。

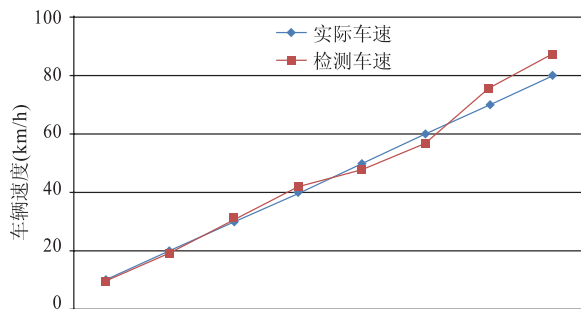


图 8 实际与检测车速对比图

表 1 车速算法实测

序号	实际车速(km/h)	检测车速(km/h)	正确率(%)
1	10.0	9.8	98
2	20.0	19.5	97
3	30.0	31.0	97
4	40.0	41.5	96.3
5	50.0	48.0	96
6	60.0	57.0	95
7	70.0	74.0	94.3
8	80.0	86.0	93.5

6 结 论

道路车速实时检测系统有着广阔的应用前景, 本文提出了一种基于无线传感器网络的车速监测算法。采用一跳通信范围内路由与传感器节点时间同

步及车速计算方法, 改进了车速监测的精度。在道路上部署了实验系统, 结果表明该算法在车速较低时(<60 km/h)准确率高。下一步我们将研究车辆高速行驶时, 如何提高车速检测精度。

参 考 文 献

- [1] 李建中, 高宏. 无线传感器网络的研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(1): 1-15.
- [2] 孙荣丽, 王睿, 崔莉. 交通无线传感器网络研究进展 [J]. 2011, 48(Suppl.): 360-366.
- [3] Gu J, Zhang Z, Yu F, et al. Design and implementation of a Street Parking System Using Wireless Sensor Networks [C] // The 10th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2012.
- [4] Cheung S Y, Varaiya P. Traffic surveillance by wireless sensor networks: Final report [R]. CA 94720, California PATH: University of California, Berkeley, 2007.
- [5] Wang R, Zhang L, Sun R, et al. EasiTia: a pervasive traffic information acquisition system based on wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(2): 615-621.
- [6] 于德新, 高学英, 杨兆升. 基于GPS数据及车辆运行特性分析的单车路段行程时间估计 [J]. 吉林大学学报(工学版), 2010, 40(4): 965-970.
- [7] 赵有婷, 李熙莹, 罗东华. 基于视频车辆轨迹模型的交通事件自动检测方法研究 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2011, 50(4): 56-64.
- [8] Kong Q, Li Z, Chen Y, et al. An approach to urban traffic state estimation by fusing multisource information [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2009, 10(3): 499-511.
- [9] 谢宜生, 沈国江, 吴琦灿. 基于 MSP430 的车载雷达测速测距系统 [J]. 计算机工程, 2011, 37(18): 236-239.
- [10] 李云龙, 张足生, 于峰崎. 基于 AMR 传感器的车辆检测算法 [J]. 传感器与微系统, 2012, 31(9): 119-122.