

The Theory and Practice of Intelligent Road Environmental Monitoring Experimental Platform Based on Computer Application Technology

Meiling Xu, Lihua Zhang, Bu Guo

College of Nanhu, Jiaxing University, Jiaxing Zhejiang
Email: 1933785432@qq.com, 1888987@qq.com, 873238516@qq.com

Received: Nov. 20th, 2019; accepted: Dec. 12th, 2019; published: Dec. 19th, 2019

Abstract

This paper presents a new type of intelligent road environmental monitoring experimental platform based on computer application technology, which integrates data loading module, data processing module, CRID cluster cloud computing module, warehouse module, mobile computing module and CPU image card. The processing and aggregation of sensor data is achieved through software agents. Data aggregation is implemented in a server cluster. In mobile systems, the results of geographic information technology retrieval, visual monitoring and intelligent analysis, as well as the intelligent analysis and prediction tasks with deep machine learning methods, are used to design the best route for drivers and inform them of possible risks on the road, while facilitating monitors to optimize transport routes and passenger flow and reduce emergency risks so that police, emergency services, ambulances, repairs and other services can be alerted in a timely manner in the event of a problem.

Keywords

Road Monitoring, Multi-Agent Framework, Intelligent Traffic, Photoelectric Monitoring

基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台的理论架设与实践

许美玲, 张丽华, 郭步

嘉兴学院南湖学院, 浙江 嘉兴
Email: 1933785432@qq.com, 1888987@qq.com, 873238516@qq.com

收稿日期：2019年11月20日；录用日期：2019年12月12日；发布日期：2019年12月19日

摘要

本文提出了一种基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台，该系统集成了数据加载模块、数据处理模块、CRID集群云计算模块、仓库模块、移动计算模块以及CPU影像卡。传感器数据的处理和汇聚是通过软件代理来实现的。数据聚合在服务器集群中实现。在移动系统中，利用地理信息技术检索、可视化监控和智能分析的结果，利用深度机器学习方法进行智能分析和预测的任务，可以为驾驶者制定最佳路线，通知驾驶者在路上可能遇到的风险，同时方便监控者优化交通运输线路和客流，减少紧急风险，从而在出现问题时可以及时的做到提醒警方、紧急服务、救护车、维修及其他服务。

关键词

道路监测，多代理框架，智能交通，光电监测

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着公路基础建设的不断完善，对整个公路的总体服务质量也提出了更高的要求。因此建设标准化、智能化、互动化的公路智能综合监控系统的需求越来越迫切。智能道路环境监测系统是“智能交通系统”，简称 ITS (Intelligent Transportation Systems) 的一个重要组成部分。系统通过对海量的视频数据进行及时准确的分析和理解，实时获取交通基本数据，对交通拥堵和交通事故进行预测，实现道路交通中异常行为的智能识别、提前发现和自动报警，从而减轻交管监控人员的工作负担，提高监测准确度，使城市道路交通管理工作更加有效。

在现有技术中，仅通过简单的摄像头、数据库、网关以及显示终端组成的监控系统对道路环境进行监控，并不能实现对数据的自动化处理，增加人力支出的同时更容易出现由于人为失误而导致的数据丢失或者数据错误，难以很好实现智能交通三大目标：1) 提高道路安全，减少交通事故，缩短由于交通事故(包括车辆故障)所引起的延误；2) 提高高速公路的通行能力，优化交通流量，提供一个更有效的交通道路系统；3) 提高车辆通行的速度，降低机动车车辆排气污染，改进行驶环境对汽车驾驶员产生的感受，提高交通运输效率[1] [2] [3]。

针对现有技术的不足，本论文提供了一种基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台。该平台运用先进的传感技术、监控摄像技术、通讯技术和计算机技术，组成一个多功能全方位监控的高智能化的处理系统。解决了在现有技术中，仅通过简单的摄像头、数据库、网关以及显示终端组成的监控系统对道路环境进行监控，并不能实现对数据的自动化处理，增加人力支出的同时更容易出现由于人为失误而导致的数据丢失或者数据错误，难以很好的为道路使用者提供资讯及安全的问题[4] [5]。平台所采用的集成智能数据采集终端允许在自动模式下修复道路运输基础设施物体上的事故，收集和积累传感器数据。许多集成智能数据采集终端接收到了大量的数据，无法被人实时处理。集成智能数据采集终端可以识别照片和视频流中的物体，测量车辆在控制区的速度，自动捕获并保存违章者的照片，识别车牌，收集并传输数据到数据中心。

2. 智能道路环境监测实验平台总体设计

智能道路环境监测系统作为智能交通实施的一部分,将进一步改善公路交通管理的社会效果,使得各个交通子系统更好的协调工作,达到人、车、路协调运行的目的,提高道路利用率,改善交通秩序,加强交通管理者的执法力度和管理。本论文所研发的基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台总体设计如图 1 所示。

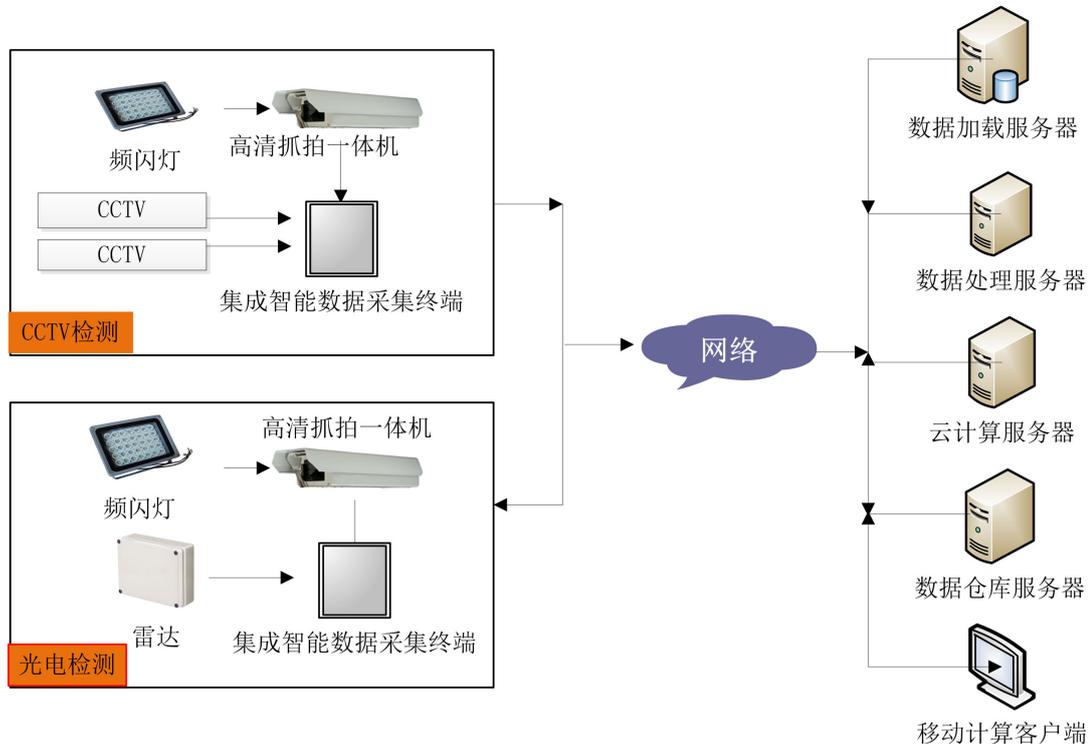


Figure 1. Top-level design of the experimental platform

图 1. 实验平台总体设计

如图 2 所示,基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台地面平台采用的是最先进的集成智能数据采集终端。该终端集成了闭路电视摄像机 CCTV 和光电雷达车辆探测器。其中光电雷达车辆探测器采用近红外 MPPC (硅光电倍增管),在 905 nm 处具有较高的探测效率,尤其是使用 TOF 测距法的长距离测量,响应速度快,工作温度范围宽,适合各种场合下的激光雷达应用[6]。

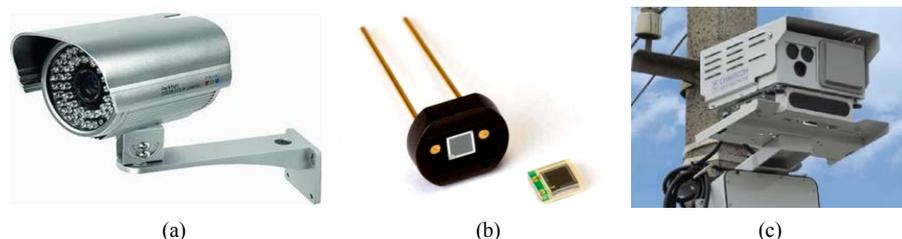


Figure 2. Terminals: (a) CCTV cameras; (b) silicon photomultiplier; (c) intelligent data acquisition devices

图 2. 终端: (a)闭路电视摄像机; (b)硅光电倍增管; (c)智能数据采集终端

集成智能数据采集终端没有实时智能分析与预测的能力。为此,需要建立一个异构的传输环境,以

便配合物和安全感知的高效传感器数据传输到数据中心。异构网络是通过无线传感器网络(WSN)、蜂窝网络、wifi 网络、卫星网络等技术来实现的[7] [8]。前端采集的监测数据通过网络子系统的传输,信息存储在云存储中,并被各种类型的业务处理服务器进行数据处理,实现如下功能: 1) 交通状态监测: 监测公路上到的交通流量、速度、道路占有率等实时交通信息,通过交通信息发布子系统发布各种动态交通信息,也可发布市政施工等交通静态信息。2) 异常事件检测,通过交通数据分析,运用人工智能算法,对视频检测区域外的道路情况进行判断,分析是否有交通事故发生。3) 交通信息发布: 通过广播、短信或者设置在位于公路关键位置的面板显示当前相关路段的交通信息,通知驾驶员前方的交通情况和行驶时间,实时通知驾驶员前面的交通拥挤状况。

3. 智能道路环境监测业务设计与实现

本节详细智能道路环境监测业务设计与实现。首先根据智慧交通的内涵分析智能道路环境监测系统的功能需求,并在其基础上明确基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台需要实现的业务处理。然后介绍在基于代理技术所设计的云、雾和移动计算的三层业务处理模型。最后对业务处理模型中每个层次的实现方法进行细化描述。

3.1. 系统功能和业务分析

根据智慧交通的内涵可知,智能道路环境监测系统需要实时监控公路上的交通情况,并对汽车驾驶员提供秒级的交通信息。由此进一步分析,智能道路环境监测系统的功能包括: 1) 提供实时的交通信息,提供前进方向的交通状况或者事故警告; 2) 对交通事故的快速响应,可以对交通事故地点进行快速定位并报警,在最短时间内使交通再次恢复正常通行; 3) 将交通拥挤减少到最低限度,大大缩短从事故检测到事故处理完的时间,使交通拥挤减少至最低限度; 4) 提高道路安全性,以最快的方法移去道路上的障碍并清理事故现场,直到保持交通自由畅通,享有更安全的行驶环境。

在功能分析的基础上,本论文设计基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台需要实现的业务处理主要包括:

- 1) 收集所有监测区域的交通流参数数据,并通过通信通道传送到数据处理中心;
- 2) 车辆按需检测和跟踪,在地图上可视化其运动路线;
- 3) 处理有关违规行为的照片和录像材料;
- 4) 在一段时间内积累和处理犯罪统计数据,以查明和分析各种事实上的影响对违法行为和道路事故变化的依赖关系(天气条件、交通量、维修工作、城市事件、时间、季节因素等);
- 5) 对道路交通基础设施中的关键区域和“瓶颈”及其对交通状况变化的依赖进行空间分析,并在地图上进行可视化;
- 6) 智能数据挖掘和道路交通状况预测,为改善交通安全做出决策。

3.2. 三层业务处理模型设计

为了实现给定的业务功能和逻辑,本论文研发的基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台包括数据加载模块、数据处理模块、CRID 集群云计算模块、仓库模块、移动计算模块以及 CPU 影像卡, CPU 影像卡采用 CUDA 作为运算平台,数据处理模块采用雾技术对数据进行处理。

在具体业务处理模型设计中,针对空间分布对象和过程的监控过程中获取的传感器数据,基于代理技术,设计了云、雾和移动计算的三层业务处理模型,如图 3 所示。代理技术是用于分布式数据处理的统一计算资源[9]。代理是在路由器上运行,实现存储、数据保护、传输和仓库装载功能的代理。代理响

应请求，决定数据处理功能的选择，克隆并迁移到其他网络节点。代理的一个特征是行为实现，行为是由实现传感器数据处理步骤的数学函数决定的。

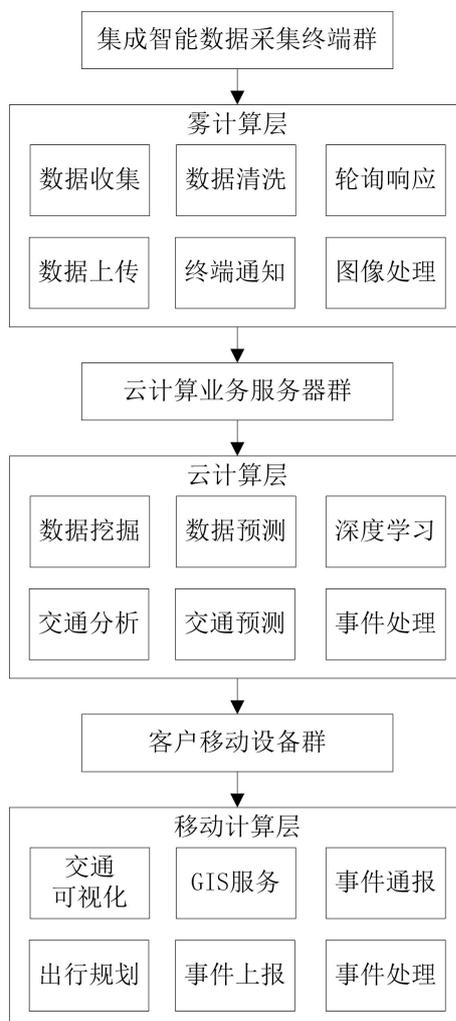


Figure 3. Three-tier business processing model
图 3. 三层业务处理模型

在雾计算层，首先进行数据收集，通过轮询响应资源的源数据可以被终端传感器节点调用，终端传感器节点将源数据通过路由器进行数据清洗并进行适当的图像处理，并经过 GSM/GPRS 设备将源数据分别上传至服务器以及数据仓库内存储。

在云计算层，服务器将雾计算层上报的数据进行数据挖掘，并利用深度模型进行数据分析和预测，通过各个代理程序实现响应的交通分析、交通预测和事件处理功能，同时工作网点将数据发送至使用者设备。

在移动计算层，终端用户的移动设备采用远程代理的功能，利用地理信息技术检索交通环境监测数据，并利用可视化界面获得监控和智能分析的结果。

3.3. 三层业务处理模型实现

在雾计算层，传感器数据的处理和汇聚是通过软件代理来实现的。代理和代理的功能被定义为确定传感器数据处理的动作和选择响应新兴事件的行为的功能。该系统的功能是由一个代理来实现的，它执

行数据收集、清理、集群、比较时间序列、检索数据以进行可视化、准备图表和报告、生成移动客户端的通知。为了积累统计数据和支持决策，该系统使用了一个特殊的代理来远程轮询照片-视频固定复合体和自动上传数据。代理从视频流收集和下载照片和帧等数据，以及关于流量参数的各种传感器数据。

如图 4 所示，具体业务流程实现时，采用设备数据轮询代理，按地理区域和类型分隔。来自设备传感器的数据轮询由来自不同区域的代理使用 snmp 协议执行。直接保存事件日志的代理。每个综合体维护一个本地数据库，在日志文件中记录事件。许多本地数据库表示分布式分层数据。仓库。代理保存车辆通道日志文件、交通违规日志文件、用于设备诊断的遥测参数日志文件等。通过轮询响应资源的源数据可以被终端传感器节点调用，终端传感器节点将源数据通过路由器进行数据清洗并进行适当的图像处理，并经过 GSM/GPRS 设备将源数据分别上传至服务器以及数据仓库内存储。

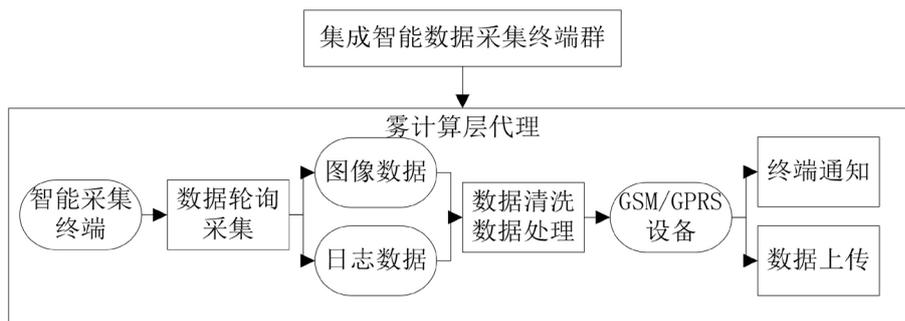


Figure 4. Fog computing layer for the implementation of business processing
图 4. 雾计算层业务处理实现

在云计算层，数据聚合和处理是在服务器集群中实现，它涉及使用软件代理进行数据收集、数据挖掘和预测，以及通过移动和导航设备向道路用户通报道路交通情况。在服务器集群中，主网点将综合指标分至工作网点并将 XML 性质存储于数据仓库内，工作网点将数据处理成 XML 结果发送至服务器，同时工作网点将数据发送至使用者设备。

如图 5 所示，具体业务流程实现时，在云计算层，服务器将雾计算层上报的数据进行数据挖掘，生成一个逗号分隔值(CSV)文件，其中包含具有给定期间内所有冲突参数的行。它是分布式数据库的一个元素。许多 CSV 文件在不同的设备上形成了一个分布式超表，汇总了一段时间内的违规数据。并利用深度机器学习方法进行智能分析和预测的任务。利用深度模型进行数据分析和预测，作为预测模型，从而合成了一个混合神经网络，神经网络的结构适合于光雷达组合体的工作诊断和预测，以及道路交通事故的分析和预测。例如，将一个月内从综合大楼收集的卸货数据与气象数据进行智能分析，以揭示道路事故数量和严重程度的变化模式。道路基础设施的类似部分是根据交通事故的数量和类型来确定的。这些区域的聚类允许定义最紧急的区域。在时间序列的智能分析过程中，确定事件数与平均指标的异常偏离的时间间隔。通过各个代理程序实现响应的交通分析、交通预测和事件处理功能，同时工作网点将数据发送至使用者设备。

移动计算层作为和终端用户交互的末端层，通过终端用户的移动设备采用远程代理实现功能。它们允许在标准浏览器中以图形、表和仪表盘的形式显示历史、当前和预测数据。该数据对应于该复杂位置的轮询时间和地理坐标。

如图 6 所示，具体业务流程实现时，在移动系统中，利用地理信息技术检索和可视化监控和智能分析的结果。执行云计算层数据拉取代理，按地理区域和类型(设备 Cordon-temp、Krisp、Parkon 等)分隔。数据拉取由来自不同区域的代理使用 snmp 协议执行，分别形成短信数据和 HTML 数据。用于数据中心和移动设备上的计算机上的数据可视化的代理。各种 php 和 javascripts 的代理形成了一个分布式的内容

可视化管理系统。它们允许利用地理信息技术检索交通环境监测数据，并利用可视化界面获得监控和智能分析的结果，并提供出行规划、事件手动上报，事件通报展示，异常事件处理等功能。

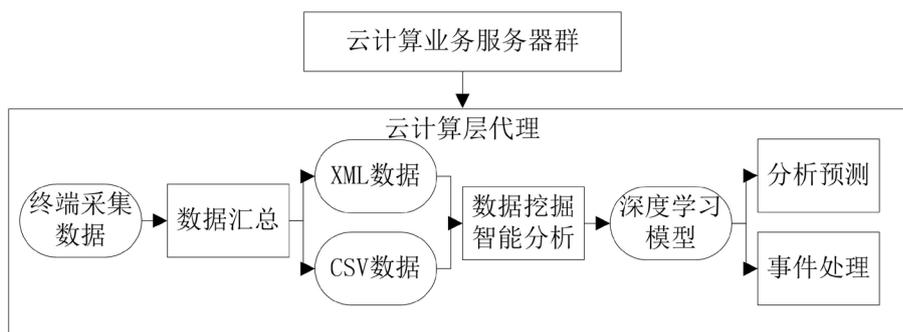


Figure 5. Cloud computing layer for the implementation of business processing
图 5. 云计算层业务处理实现

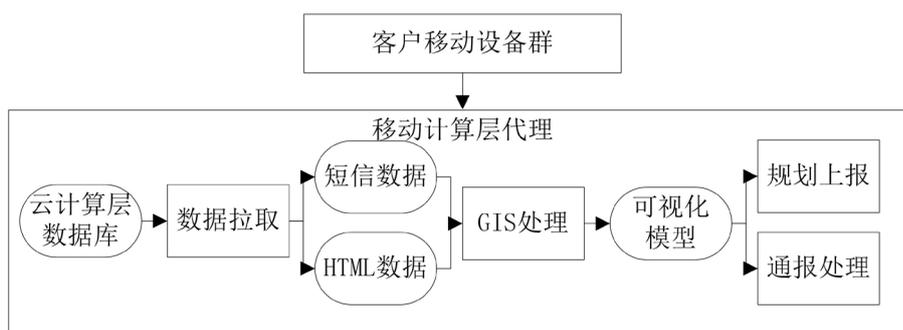


Figure 6. Mobile computing layer for the implementation of business processing
图 6. 移动计算层业务处理实现

4. 实验结果

本论文开发的智能道路环境监测实验平台是在控制路段事故统计数据处理的基础上，用于交通事故的预测。根据单位时间内交通流量、道路交通事故数量、控制区域内气象指标，实施了一种预测道路交通事故的方法。

在分析如何利用位置和时间信息进行交通事故推理之前，需要一个合适的数据结构。在分析这些时空数据时，本论文使用矩阵数据结构。具体的在时间维度上，为了匹配交通事故数据的时间间隔，我们选择 1 小时作为时间间隔，将一天分成 24 个切片。对于空间维度，我们选择 $\Delta d = 0.004$ 纬度和经度 $\Delta d = 0.005$ 地图。因此，对于矩阵中的每个元素，我们都有一个时间指标 t 和区域指标 r 。这样我们就得到了网格数据。

进一步选择 5 个区域作为交通事故分析区域，安装集成智能数据采集终端。为了积累统计数据、空间分析和智能分析、综合图表和报告以支持决策，该系统采用了代理程序远程轮询违规和道路事故的数据。

为了确定异常的原因和事件的预测，在类似的时间间隔内收集控制区车辆流量的速度和密度变化，气象数据(温度、大气压、降水)。数据以事件时间序列的形式存储。在智能分析和预测方面，采用深度学习神经网络作为模型。所采集的数据作为神经网络训练的输入参数。神经网络第一层神经元数设为 18，规则数设为 9。对网络进行训练后，对道路交通事故进行预测。

实验结果如表 1 所示，通过对每一个时段的预测平均误差进行分析可知，最大值为下午四时的事故预测，由于该时段交通较为复杂，事故发生影响因素较多，预测误差为 9%，显然进一步通过特征工程，

引入新的影响因素，可以优化预测模型降低预测误差；最小值为夜晚九时的事故预测，由于该时段交通流量较小，事故发生数量少影响因素也较简单，论文中所采用的特征，能够基本上覆盖所有可能的影响因素，预测误差为 5%。所以，本论文采用的监测平台和深度学习模型使确定事故数量与交通变化和受控路段温度状况之间的关系成为可能，神经网络和预测系统为预测模型提供了足够的精度。

Table 1. Prediction results of road traffic accidents

表 1. 道路交通事故预测结果

区域 id	上午 9 时		中午 12 时		下午 4 时		夜晚 9 时	
	实际事故数	预测事故数	实际事故数	预测事故数	实际事故数	预测事故数	实际事故数	预测事故数
区域 1	9	8	12	13	8	7	5	6
区域 2	2	2	5	4	0	1	1	1
区域 3	4	3	7	6	4	3	1	1
区域 4	2	2	3	3	1	1	0	0
区域 5	7	7	15	13	8	8	2	2
预测误差	7%		8%		9%		5%	

5. 结论

本文提出了一种基于计算机应用技术的智能道路环境监测实验平台，通过数据加载模块、数据处理模块、CRID 集群云计算模块、仓库模块、移动计算模块以及 CPU 影像卡的配合使用，于驾驶者而言，系统可以为驾驶者制定最佳路线，给驾驶者提供一个事先指定的目的地的导航，同时通知驾驶者在路上可能遇到的风险(从而增加道路交通安全)，同时可以在驾驶者不知道去哪时提供目的地的建议。

同时，通过数据加载模块、数据处理模块、CRID 集群云计算模块、仓库模块、移动计算模块以及 CPU 影像卡的配合使用，于监控者而言，可以提供不同道路的资料及安全程度，从而选择不同程度的监控手段，同时方便监控者优化交通运输线路和客流，减少紧急风险，从而在出现问题时可以及时的做到提醒警方、紧急服务、救护车、维修及其他服务。

基金项目

浙江省高等教育“十三五”第一批教学改革研究项目(JG20180526)。

参考文献

- [1] 高景德. 王祥珩. 交流电机的多回路理论[J]. 清华大学学报, 1987, 27(1): 1-8.
- [2] 陈乙周. 基于 OBD 的城市道路交叉口交通拥堵运行监测与优化技术研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2019, 8(3): 68-70.
- [3] 张瑞. 基于多源监测数据的道路交通状态预测[J]. 科技创新与应用, 2019, 19(2):63-64.
- [4] 翟英博. 基于温差发电的道路监测传感器节点研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 陕西: 长安大学交通管理系, 2019.
- [5] 叶周景. 基于路面振动物联网监测的车路综合信息获取技术[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京科技大学, 2018.
- [6] 李亚军. 基于数据可视化的城市道路交通态势监测系统研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2019, 18(2): 83-88.
- [7] 肖心远, 李怀俊. 基于多传感器采集的道路运输驾驶员远程监测系统[J]. 农业装备与车辆工程, 2018, 25(8): 13-15.
- [8] 崔素梅, 高顺, 申海, 王克喜, 王伟. 关于道路交通智能监测记录系统检定方法的探讨[J]. 工业计量, 2018, 12(3): 60-61.
- [9] 程中军. 道路交通区间测速监测系统检定装置研究[J]. 自动化技术与应用, 2017, 15(9): 64-67.