

使用物联网的智能交通系统

Deeplaxmi V. Niture, Vivekanand Dhakane, Piyush Jawalkar, Ankit Bamnote

浦那工程学院电子与电信工程系 印度 马哈拉施特拉邦 浦那 411005

摘要: 本文介绍了一个智能车辆援助和监测系统 (Smart Vehicle Assistance and Monitoring system, SVAMS)。SVAMS是一个智能交通系统 (intelligent transportation system, ITS), 为解决各种交通相关问题而开发。它是一个交通管理、监控和优化解决方案, 其中所有的车辆都通过 ZigBee 进行互联, 并由数据中心进行集中监控和协助。该系统有两部分: 一部分安装在车辆内/上, 另一部分在数据中心。第一部分从各种传感器收集数据, 并将其传输到中央数据中心。所有的数据被储存在云端, 用于进一步分析、处理及未来使用。SVAMS 的成本相对较低, 结构紧凑, 具有各种功能, 如应急响应、污染水平监测、自动收费、违反交通规则检测、车辆跟踪等。SVAMS 的使用将有助于建立清洁、无腐败和无犯罪 (C-3) 的城市。

关键词: 紧急服务; 信息传递; 车辆安全; 无线网状网络; ZigBee

Smart transportation system using IoT

Deeplaxmi V. Niture, Vivekanand Dhakane, Piyush Jawalkar, Ankit Bamnote

Department of Electronics and Telecommunication Engineering, College of Engineering Pune (COEP), Pune 411005, Maharashtra, India

Abstract: In this paper a Smart Vehicle Assistance and Monitoring system (SVAMS) is presented. SVAMS is an intelligent transportation system (ITS), developed to tackle various traffic related issues. It is a traffic management, monitoring and optimization solution in which all the vehicles are interconnected through Zigbee and are monitored and assisted centrally, by a data center. The system has two parts: one part is mounted in/on the vehicle and the other part is at the data centre. Part one collects data from various sensors and transmits it to central data centre. All the data will be stored on cloud for further analysis, processing and future use. SVAMS is relatively low-cost, compact and has various functionalities such as emergency response, pollution level monitoring, automatic toll collection, traffic rule violation detection, vehicle tracking, etc. The use of SVAMS will help to build up Clean, Corruption free and Crime free (C-3) cities.

Keywords: emergency services; message passing; vehicle safety; wireless mesh network; ZigBee

一、引言

近年来, 印度等发展中国家的城市化进程迅速, 导致道路上的车辆数量急剧增加。其结果是, 负面的外部因素惊人地增加, 如严重的道路拥堵、空气污染、频繁的道路事故等, 给运输系统带来巨大的压力。由于车辆本身和车辆与基础设施之间缺乏足够的沟通, 传统的交通管理解决方案面临着许多挑战。无线通信和互联网功能的进展促使了 ITS 的发展, 以改善交通流量和安全。通信技术的最新发展是智能交通系统有效性的关键因素之一。使用有效的通信有助于将拥堵和气体排放减少到最低水平, 而且还可以显著提高安全性。然而, 近年来, 物联网 (IoT) 和车载自组织网络 (VANETs) 的概念促

使研究人员重新思考并重新开发 ITS^[1]。

电子技术在汽车中的使用使许多任务成为可能, 而这些任务在以前似乎是机械上不可能完成的。例如, 人工智能的使用、事故报警系统、电子收费系统和车辆位置跟踪系统。尽管这些系统中有很多共同的组件, 但它们在市场上是作为具有不同协议的独立系统出现的, 且价格昂贵。因此, 我们设计和开发了一个系统, 它具有这些系统的大部分关键功能, 并且体积小, 成本效益高。这个系统有能力取代市场上现有的系统。

本文将按以下顺序介绍所开展的工作。第二节解释了 SVAM 系统的结构。第三节给出了一些计算结果。第四节讨论了测试和结果。最后, 第五节做出结论。

二、系统结构

图1显示了SVAM系统的框图,给出了系统的整体工作情况。SVAM系统中的每辆车都有ZigBee盒和GPS盒,两者通过i2c协议相互通信。车辆通过ZigBee的900MHz频段与数据中心进行通信。ZigBee的范围约为9公里。数据中心有数据中心盒和用于数据记录的计算机,它们通过蓝牙进行连接。而数据中心使用Wi-Fi将数据上传到云端。收费盒通过红外收发器与车辆通信,并通过Wi-Fi与云端通信。

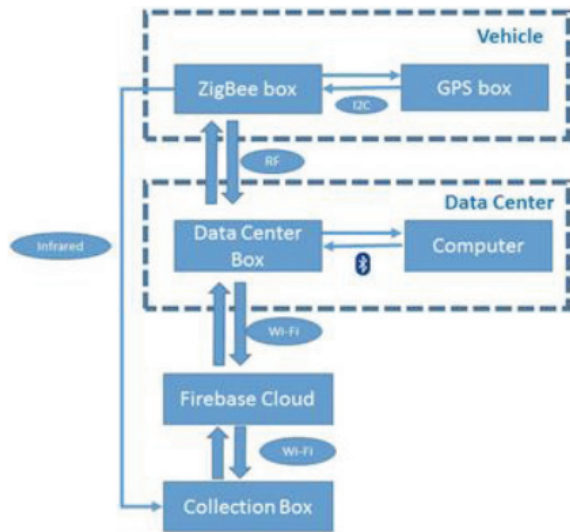


图1 SVAM系统的框图

SVAM系统具有以下功能:使用陀螺仪进行事故检测,使用MQ135进行空气污染监测,使用红外转发器进行自动收费,使用红外转发器检测违规行为,使用GPS进行位置跟踪,使用云计算的集中式、易于访问的车辆数据库,使用超声波距离传感器进行安全距离提醒。

(一) 车辆模块

车辆模块由一个ZigBee盒和一个GPS盒组成。

1. ZigBee盒

ZigBee盒被设计成通过i2c收集来自各种传感器和GPS盒的数据,并将其传输到其他车辆或数据中心。图2显示了ZigBee盒的原理图。这个盒子包含ZigBee、

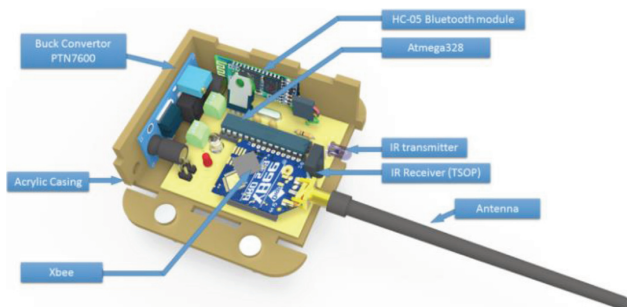


图2 ZigBee盒

Atmega328p-pu、天线、蓝牙HC-05和降压变换器PTN76060WAS。

红外收发器安装在顶部,用于与收费盒进行通信,以实现自动收费和交通规则的检测。ZigBee有10公里的视线范围^[2]。

2. GPS盒

GPS盒是汽车上的另一个电路(盒子),它通过电线与ZigBee盒相连,因为两者都在汽车上。图3显示了GPS盒。这个盒子包括以下组件:GPS模块、串行LCD、两个Atmega328p-pu和MPU 6050。

GPS盒有两个微控制器。第一个微控制器用于读取GPS和IMU。GPS模块必须连接到地球周围的至少4颗卫星上,中间不能有任何障碍物^[3]。为此,它必须安装有指向上方的贴片天线,并且没有任何金属障碍物。当与其他车辆或任何其他障碍物(如树、墙等)发生正面碰撞时,IMU向控制器提供车辆的加速度和角度。然后,通过使用算法,控制器确认事故并与ZigBee盒进行通信。随后,ZigBee盒子将信息发送给附近的车辆和救护车。这只需要6-7毫秒的时间。

第二个微控制器用于LCD、距离传感器和气体传感器监测。任何来自背面或正面的障碍物将被超声波传感器检测到,并在LCD上显示有关障碍物的信息。气体传感器MQ 135用于检测危险气体水平。

气体传感器内部有加热器,以创造可以检测气体的条件。该加热器的电阻为 27Ω ,因此它的电流 $=5V/27\Omega=185mA$ 。为了避免电流持续流经加热器线圈,使用MOSFET IRF510来控制它,其栅极由控制器的数字引脚控制。

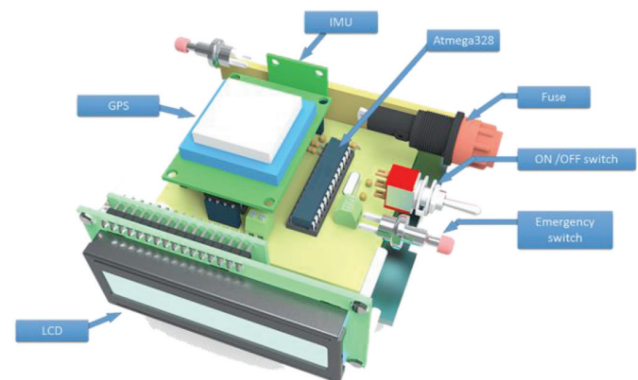


图3 GPS盒

(二) 数据中心模块

数据中心模块有一个数据中心盒和一台带有软件的计算机/笔记本电脑。

1. 数据中心的计算机软件

在SAVM系统的数据中心,使用低级java语言对车辆进行监控^[4]。为了设计图形用户界面,使用G4P库进行处理^[5]。这个软件从ZigBee和Firebase获取数据,显示每辆车的数。图4显示了该软件的图形用户界面。

重要对象,从1到7进行编号,分别是:用于向车辆发送消息的信息窗口,用于改变地图风格的设置窗口,用于通过车辆编号获得车辆详细信息的跟踪窗口,接收和传输的数据包数量,连接的车辆列表,选择计算机的串行端口,以及动画标志。

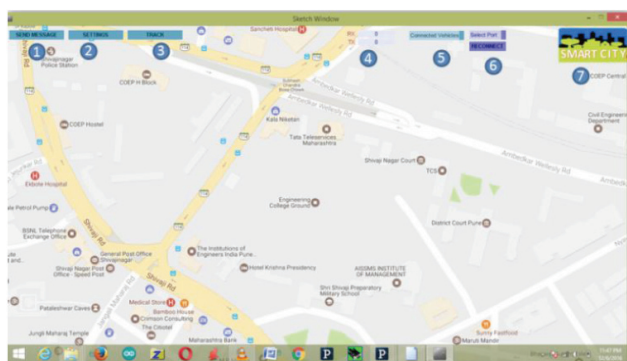


图4 数据中心的软件图形用户界面

2. 数据中心盒

数据中心盒是数据中心的电路,通过ZigBee从车辆获取数据,通过Wi-Fi从云端获取数据。图5显示了数据中心盒的示意图。数据中心盒中使用的设备是ZigBee、Wi-Fi模块、NodeMCU、蓝牙模块。蓝牙模块和ZigBee通过两个独立的UART端口连接到一个NodeMCU。

NodeMCU是esp8266的开发板,内部有32位微控制器,时钟频率为160MHz。NodeMCU从Firebase云存储中获取数据坐标,并通过蓝牙发送给计算机。数据通过ZigBee从车辆上接收,并通过蓝牙模块传输给计算机。接下来,这些数据由计算机中的软件进行处理。

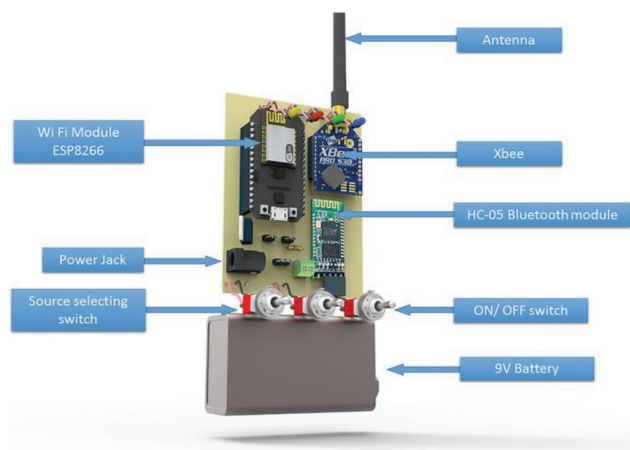


图5 数据中心盒

ZigBee的工作基于视线原理,即天线必须在至少一根车辆天线的视线范围内。因此,这个盒子不能在近距离的房间里,而必须在房间外面,高度为50-100米。数据中心盒可以通过电线或蓝牙无线连接到数据中心的计算机。NodeMCU有串行端口,但串行通信的电线长度必须小于5米,所以它不实用。因此,我们使用蓝牙,无线协议,其范围为100米,数据传输速度为3-5Mbps。

(三) 基础设施模块

这里的基础设施是指路边的基础设施,如传感器、接入点和集中式服务器。

1. 收费盒

图6显示了收费盒。这个盒子被设计为两个功能,自动收费和违规罚款收集。有一个按钮可以在这两个功能之间进行切换。在收费场站,这个盒子被安装在10米高的地方。它有红外发射器和红外接收器(TSOP)。红外发射器连续发射其ID。当经过它下面的车辆的红外接收器收到它时,车辆的红外发射器就会发送车辆号码,由收费盒的TSOP接收。收费盒的Wi-Fi模块从云端获取该车辆的账户信息,并从该账户中收取通行费。

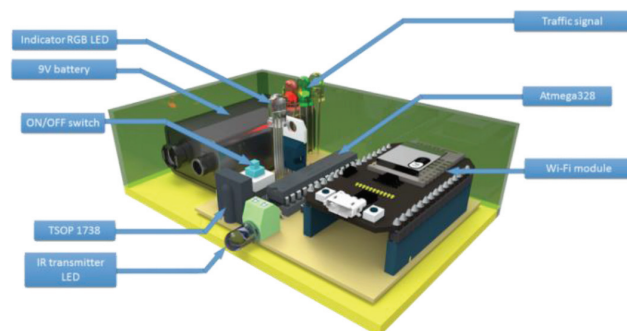


图6 收费盒

为了收取违规罚款,这个盒子被安装在交通信号上。它的工作方式与收费站的盒子类似,唯一不同的是,它只有在交通信号为红色时才开始发送其ID,以捕捉违反交通规则的车辆。当信号为黄色或绿色时,发射器不发送信号。

2. 云计算

Firebase云用于在线保存数据。图7显示了该系统的云数据库结构。在Firebase上创建新项目后,它给出一个URL,这是数据库的地址^[6]。数据中心盒和收费盒中的Wi-Fi模块使用这个URL来上传和下载数据。Firebase上的数据被保存为JavaScript对象简谱(JSON),这是一种最小的、可读的数据结构格式。如图7所示,数据被保存在父子层次结构中。任何车辆的历史都可以使用数据中心软件从云端读取。

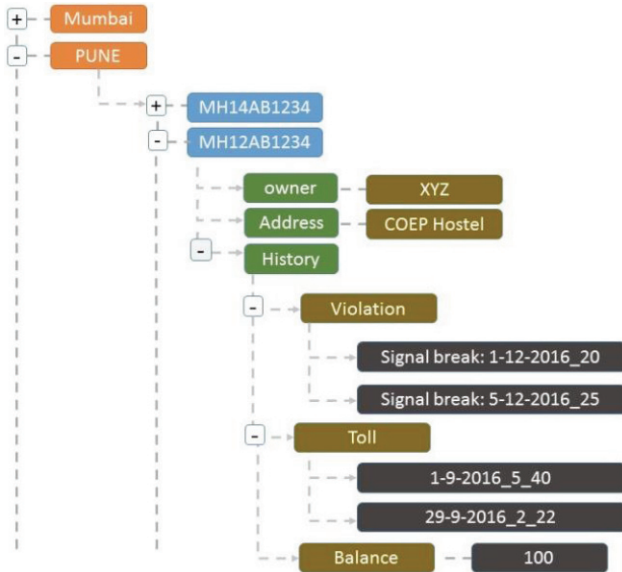


图7 云数据库结构

(四) 网络和协议

SAVM系统中的所有车辆都使用Zigbee在网状拓扑结构中相互连接并与数据中心相连。除了数据中心的ZigBee外,所有的ZigBees都被配置为路由器,所以一辆车产生的信息将在网状结构中传递,直到到达数据中心。在车辆和数据中心之间有两种方法来传递数据。一种是通过Firebase云,另一种是通过Zigbee网络。当车辆在城市中时,它将直接或间接地通过网状网络进入数据中心的范围。但如果车辆不在数据中心的范围内,它仍然可以通过在数据中心范围内的另一辆车连接到数据中心。按照规定,客户端手机必须集成到系统。在这种情况下,移动应用程序将通过蓝牙连接到ZigBee盒,ZigBee盒上传车辆数据到各自车辆的Firebase账户,如位置坐标、事故警报和紧急信息。

位置坐标可以通过NodeMCU ESP8266 Wi-Fi模块从坑内的云服务器获取。该模块不断连接到互联网,然后这些坐标可以通过蓝牙模块发送到计算机/笔记本电脑上。

不同节点之间的通信协议是定制的。它们的字符串格式已经被定义为‘STPG_MH12AB3456_18.345678,73.851234=’。在这个字符串中,‘STP’代表智能传输(Smart Trans-Portation),‘G’表示这个字符串包含GPS数据,‘MH12AB1234’是一个车辆号码,‘18.345678,73.851234’是包含经纬度的字符串,由逗号分隔。‘=’表示字符串的结束。

表1显示了车辆和收费盒之间违反交通规则通信的字符串格式。表2显示了车辆和收费盒之间的收费通信的字符串格式,表3给出了车辆和数据中心软件之间通信的不同信息的字符串格式。

表1 违反交通规则的车辆收费盒字符串格式

字符串格式	发送者	信息
RULE_MH12AB3456=	从车辆向收费盒	发送车辆编号
RULE_RL124512=	从收费盒向车辆	发送ID给车辆

表2 车辆收费盒收费通信协议字符串格式

字符串格式	发送者	信息
TOLL_TL124512=	从收费盒向车辆	发送ID给车辆
TOLL_MH12AB3456_CAR=	从车辆向收费盒	发送车辆编号+车辆类型

表3 软件-车辆字符串格式

字符串格式	发送者	信息
STPG_MH12AB3456_18.345678,73.851234=	车辆	GPS位置
STPP_MH12AB3456_12=	车辆	污染规模
STPE_MH12AB3456=	车辆	紧急
STPA_MH12AB3456=	车辆	事故
STPM_MH12AB3456_Message=	软件	消息
STPT_MH12AB3456=	软件	路线
STPR_MH12AB3456_2=	firebase	规定编号

三、计算

(一) 一个数据中心的最大车辆数量

XBEE (XBEE是由Digi International生产的ZigBee)的最大数据速率是156kbps^[2]。

数据速率 = 156kbps = 19.5kBps = 1604800 × 1024 字节/天

(1)

表4显示了一辆车在一天内使用的数据量。这是一辆车在一天内可以使用的最大数据量。使用ZigBee的数据速率和一辆车使用的数据,我们可以计算出数据中心容纳的最大车辆数量。

数据中心的最大车辆数量 = $1604800 \times 1024 / 51874.665 = 31,678$ 辆

(2)

因此,一个数据中心可以处理近31.5万辆车。这个数字取决于ZigBee的数据速率。因此,我们可以通过使用更高数据速率的ZigBee来增加数据中心的容量。

表4 单辆车每日使用的数据

数据	字节数	每日字节数
位置	每分钟36字节	51840
污染等级	每天19字节	19
紧急	每6个月16字节	0.0879
事故	每年16字节 ^[7]	0.04383
消息	每2天30字节	15
路线	每月16字节	0.5333
	总计	51874.665

(二) 收费盒下车辆的最大速度

红外LED的传输角度为 10° ，TSOP的接收角度为 10° 。因此，在车辆的角度小于 20° 之前，都可以进行红外通信^[7]。接收器的最大距离是10米，如图8所示。

$$\text{最大通信距离} = 2 \times 10 \sin \theta = 3.472 \text{ 米} \quad (3)$$

通信所需时间为85毫秒，因此

$$\text{车辆的最大速度} = 3.473 \times 10^{-3} \times 3600 \div (85 \times 10^{-3}) = 147 \text{ 公里/小时} \quad (4)$$

因此，速度低于147公里/小时的车辆可以被收费盒检测到。

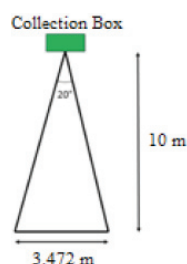


图8 计算最大距离的几何图形

四、测试和结果

所有的电子电路都是在浦那工程学院的FAB LAB内部设计和制作的。PCBs是用EAGLE设计的，然后使用传统方法制作。每个盒子的外壳由3毫米的亚克力板组成，这是因为亚克力板的强度和重量比很高。制作完成后，对整个系统进行部署和测试。图9显示了SVAM系统的测试情况。为了测试，ZigBee盒子被安装在两轮车上。超声波距离传感器安装在背面和正面。

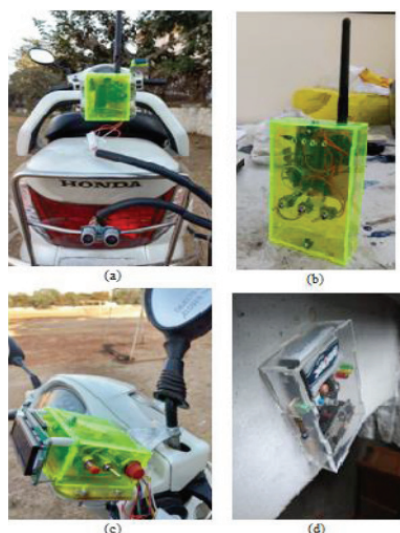


图9 制作和实施: (a) ZigBee盒; (b) 数据中心盒; (c) GPS盒和 (d) 收费盒

表5.显示了不同电路所消耗的功率。

表5 电路消耗的功率

电路	电流 (mA)	电压 (V)	功率
GPS 盒	100	5	0.5W
ZigBee 盒	120	5	0.6W
数据中心盒	300	9	2.7W
收费盒	300	9	2.7W

五、结论

我们已经成功地实现了智能交通系统的原型，它是相当高效的。使用这个系统的车辆数量足够多，肯定能在很大程度上减少与交通有关的问题。

致谢

作者谨此感谢浦那工程学院电子与电信系资助和支持这一项目工作。

参考文献:

- 1.Maimaris, Athanasios, and George Papageorgiou. "A review of Intelligent Transportation Systems from a communications technology perspective." Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016 IEEE 19th International Conference on. IEEE, 2016.
- 2.sparkfun.com, "Reference for specification of XBEE." 2016. [Online].
- 3.ieee.org, "Reference for GPS module mounting." 2016. [Online].
- 4.processing.org, "Reference for processing language." 2016. [Online].
- 5.lagers.org.uk, "Reference for G4P GUI library." 2014. [Online].
- 6.firebase.google.com, "Reference for firebase cloud programming." 2016. [Online].
- 7.Wern-YarngShieh, Chen-Chien (James) Hsu, Shen-Lung Tung, Po-Wen Lu, Ti-Ho Wang, Shyang-LihChang, "Design of Infrared Electronic-Toll-Collection Systems with Extended Communication Areas and Performance of Data Transmission." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 12, No. 1, March 2011.