

基于云计算和 WSN 的车联网体系架构及关键技术研究

唐小淋 林培群 徐建闽

(华南理工大学土木与交通学院 广州 510640)

摘要 提出的基于云计算和 WSN 的车联网体系将着力于车车协同、车路协同、以及路网协同,并分析了将云计算和 WSN 运用到车联网体系中所涉及的关键技术。

关键词 ITS;车联网;云计算;WSN

中图分类号:U491 文献标志码:A DOI:10.3963/j. ISSN 1674-4861. 2011. 05. 023

0 引言

早期的智能交通主要围绕高速公路展开,而目前交通问题重点和主要压力来自于城市道路拥堵。未来智能交通的发展将趋向以热点区域为主、以车为对象的管理模式转变^[1]。在当前道路建设跟不上汽车增长的情况下,解决拥堵问题主要靠对车辆进行管理和调配。因此,智能交通亟待建立以车为节点的信息系统——车联网^[2]。车联网是指装载在车辆上的电子标签通过无线射频等识别技术,实现在信息网络平台上对所有车辆的属性信息及静、动态信息进行提取和有效利用,并根据不同的功能需求对所有车辆的运行状态进行有效的监管和提供综合服务^[3]。车联网让整个交通体系以网状结构相连,并对当前的交通行业产生了巨大的影响。车联网将给整个交通领域带来无限发展的可能,众多基于车联网的应用应运而生。譬如:车载软件升级、汽车安全问题通知、定期维护通知、车载因特网服务、车辆及时消息通信、汽车租赁处理、危险货物跟踪、不停车收费等。

目前,车联网尚处于起步阶段,还没有形成完整的体系框架^[4]。本文针对城市大规模路网提出基于“云+端”(即“云计算中心+通信、传感、计算终端”)的模式构建车联网体系。该车联网体系将以交通云为中心,通过云计算对采集到的交通信息进行分析,统筹分配道路资源,实行个体车辆差异性诱导、路网节点协调控制等方式,从根本

上改变交通流的无序与高随机性,实现路网交通流的有序组织和系统性疏导,同时为交通管理及监控、交通拥挤收费、车辆管理以及交通信息的增值等应用提供基础平台。

1 车联网体系架构

车联网体系是各种功能、技术和信息的集成,其中通信需求无所不在,数据的获取途径和处理方法多种多样,产品和服务功能的开发具有阶段性。因此,需要有一个统一的体系架构来赖以建立高效、灵活而又经济的车联网体系,并通过确定各子系统、各子系统功能以及各子系统之间的关系向设计和开发人员提供所需要的基本指导^[5]。基于云计算和 WSN 的车联网体系的层次结构见图 1。

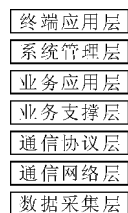


图 1 车联网层次结构

Fig. 1 Vehicle networking hierarchy

数据采集层包括各种车载和路基的道路交通信息采集设备,提供车辆自身信息的收集、交通流数据的采集及整个路网的交通状况的获取等多种物理支撑。

收稿日期:2011-06-15 修回日期:2011-08-15

第一作者简介:唐小淋(1988),硕士生,研究方向:车联网应用. E-mail: txlin1023@126.com

通信网络层包括车联网体系中的各种网络设备,提供车车通信、车路通信、及车-路-交通云平台通信的通信传输网络及计算机网络等多种物理支撑。

通信协议层包括各种通信协议和平台内部各种应用间的消息协议,提供车车通信、车路通信、及车-路-交通云平台通信的各种通信协议、应用协议、中间件等逻辑支撑。

信息支撑层包括基础支撑系统、GIS 系统、数据采集系统和数据处理系统,提供整个交通云平台各种应用业务所需的数据、业务逻辑的支撑。

信息应用层包括交通诱导系统、辅助决策系统、综合调度系统、发布网关系统、交通网站、移动信息终端发布系统、固定终端发布系统等,实现整个交通云平台的各种应用业务。

系统管理层包括平台管理系统和公众服务管理系统,实现整个交通云平台运行状况的管理,包括云平台设备运行状况和云平台服务效益的管理。

终端应用层包括固定终端系统和移动信息终端系统。固定终端系统为信息的发布和查询提供固定终端。移动信息终端系统为信息的发布和查询提供移动信息终端,包括移动 PDA、手持设备、车载终端。公众可通过该层来使用交通云平台所提供的各种信息服务。

基于云计算和 WSN 的车联网体系架构见图

2. 车联网体系框架具体可以分为 3 部分:智能车载系统、智能路基系统及交通云平台。

智能车载系统包括:车载道路信息采集系统、车辆自身信息采集系统、人机交互接口、智能车辆控制单元及车载无线通信设备等。车辆通过智能车载系统将采集到的道路交通信息通过无线通信传输给交通云平台供其进行分析,并可通过车载无线通信设备与道路附近的车辆进行通信,分享交通信息。

智能路基系统包括:交通流信息采集系统、道路异常事件采集系统、不停车收费系统、人机交互接口、智能路基控制单元及路基无线通信设备等。智能路基系统可将采集到的交通流信息、道路异常事件提供给云平台及附近通过的车辆,路基的不停车收费系统可很大程度改善道路的拥挤状况。

交通云平台可分为交通云计算及基于云计算的交通信息服务平台两部分。智能车载系统及路基系统传输给交通云的交通信息通过云计算进行分析,主要的方式包括:交通信息建模与时空索引、历史数据挖掘、交通数据融合、分布式处理及动态预测等,并依据分析的结果为交通信息服务平台提供支撑。交通信息服务平台通过有线通信及广域无线通信为公众及交通管理者提供和发布各种服务信息,具体包括:交通出行信息发布、动态车辆导航诱导、停车诱导服务、交通呼叫中心服务、交通管理相关系统、相关物流系统、其他ITS服务子系统、紧急事件救援服务、自动电子收费服务、车辆实时监控调度、动态车辆导航诱导、交通出行信息发布、停车诱导服务。

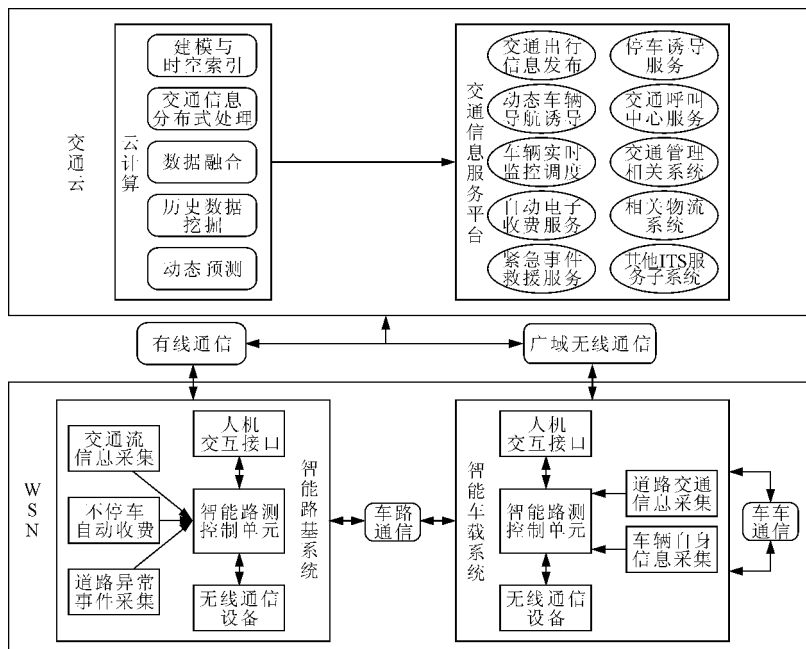


图 2 车联网体系架构

Fig. 2 Vehicle networking architecture

度、自动店主收费服务、紧急事件救援服务、交通呼叫中心服务、交通管理中心服务、相关物流系统服务及其他 ITS 服务子系统等。

2 车联网关键支撑技术

车联网体系是一个庞大而又复杂的系统,融合了云计算、定位导航、数据通信、多源传感、计算机网络等先进技术。当前车联网建设的关键技术主要涉及云计算、无线传感网络(WSN)及信息交互技术等。

2.1 云计算

云计算和车联网都是当代科技迅猛发展的新技术产物,一方面云计算需要从概念构想走向应用实践,另一方面车联网的大量交通数据需要强大的支撑平台对其进行处理分析。因此,云计算和车联网的结合可以实现优势互补,具有十分重要的应用价值。云计算与车联网相结合需解决的关键技术主要有:基于云计算的交通数据处理、基于云计算的交通信息应用、基于云计算的交通信息安全等。

2.1.1 基于云计算的交通数据处理

为保证高可用、高可靠和经济性,云计算一般采用分布式存储的方式存储数据,并采用冗余存储的方式(即为同一份数据存储多个副本)进一步保证存储数据的可靠性^[6-7]。目前大部分云计算都采用由 Hadoop 团队开发的 HDFS 数据存储技术^[8]。由于交通数据具有数据信息量大、数据波动严重、信息实时处理性高、数据共享性高、可用性及稳定性高等特点,这对交通数据的存储、处理及管理提出很高的要求。交通云的数据存储技术的重点主要集中在超大规模的数据存储、数据加密和安全性保证以及提高 I/O 速率等方面。如何设计出适合交通云数据存储的技术是个亟待解决的课题。

云计算的强大计算能力能对庞大、复杂而又无序的交通数据进行分析处理,然而非云计算技术人员并不能很好地利用这些资源。因而,建立一个完善的云计算平台是目前广泛研究的技术难点之一^[9]。而基于云计算平台的交通数据建模及索引、交通数据的分布式处理和融合及交通流动态预测也将是未来交通云研究的重点方面。

云计算对大量的交通数据进行处理分析并向用户提供时必须以可靠、高效的数据管理技术为基础。云系统的数据管理一般采用数据库领

域中列存储的数据管理模式,将数据表按列划分后存储。当前应用比较广泛的是谷歌提出的 BigTable 数据管理技术。BigTable 采用列存储的方式,能极大地提高数据读取效率,但也存在一些缺点,如表内的数据格式单一、数据如何切割存储等。结合 BigTable 技术创新地提出新的云计算数据管理技术是当前云计算研究的重点之一。此外,如何提高对规模巨大的交通信息数据进行更新的速率,也是云计算数据管理技术所必须解决的问题。

2.1.2 基于云计算的交通信息应用

云计算提供的服务按照其应用模式可分为基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS)^[10]。IaaS 提供给用户的服务是对所有设施的利用,包括处理、存储、网络及其它基本的计算资源,用户能够部署和运行任意软件,包括操作系统和应用程序。PaaS 提供给用户的服务是能够将用户自己开发的应用程序部署到供应商的云计算基础设施上去。SaaS 提供给用户的服务是让用户能通过网络设备访问供应商提供的应用程序和软件等。云计算 SPI 模型见图 3。

当前在交通云领域中已经提出了一些云服务如:地理信息服务、信息发布服务、出行诱导服务等 SaaS 服务。这些云服务尚出于起步阶段,在应用过程中出现或多或少的一些问题,且只涉及到云服务的 SaaS 服务层。从远景来看,构建的交通云中 IaaS、PaaS 及 SaaS 的应用都缺一不可。如何提供基层的 IaaS 服务及如何为交通管理者提供研发新的交通管理软件平台的 PaaS 服务将是当前交通云研究的热点问题。此外,如何建立起完整的 3 级云计算服务体系并将这些服务付诸于实际应用将会是交通云技术研究的重难点之一。

2.1.3 基于云计算的交通信息安全

云计算由于其用户、信息资源的高度集中,带来的安全事件后果与风险也较传统应用高出很多。交通信息的安全性直接关系到整个交通网络的命脉,信息安全一旦出现了问题,其后果将不堪设想。交通云的信息安全主要有交通数据存储安全问题、交通云平台可用性安全问题及云平台遭受攻击的安全问题等。解决交通云安全的主要方法是将交通云构建成混合云。交通数据中心搭建成为私有云,并将基础架构虚拟化,通过虚拟架构查看及监控、虚拟资源管理及远程控制;面向公众的交通信息服务平台构建成公共云,向公众提供各

种交通信息服务,并在私有云和公共云之间设置防火墙,有效地防止数据中心与外界相连^[11]。而更深一步的有关交通云信息安全的措施则需进一步研究。

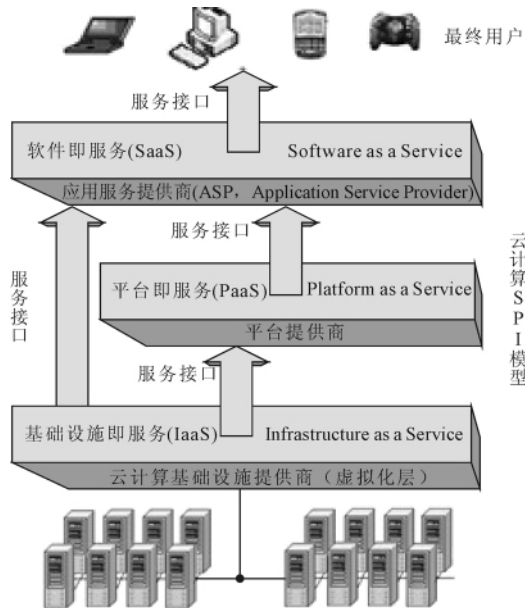


图 3 云计算 SPI 模型

Fig. 3 SPI model of cloud computing

2.2 WSN

WSN 是车联网体系的重要组成部分,由众多车载传感器节点、路侧传感器节点及接受发送器和任务管理节点组成。这些节点通过自组织的方式构成无线传感网络,并能互相进行通信,同时也能够与无线传感网络的汇聚节点(sink)进行通信。sink 能将传感器的数据发送到互联网上,同时互联网也能通过 sink 将信息传递给传感器节点^[12]。

WSN 具备低功耗、实时性强、网络的自组织能力强、但节点电源能量有限、通信范围较小及计算和存储能力较弱等优缺点。将 WSN 运用到交通领域时必然会遇到众多问题,其中需要攻克的关键技术主要分为:WSN 节点的交通信息采集、WSN 节点的信息融合、WSN 节点的网络拓扑控制及 WSN 节点的通信技术等。

2.2.1 WSN 节点的交通信息采集

实时精确的交通信息采集是整个车联网体系的基础,是交通云计算的处理对象,是车联网提供的交通信息服务的依据。车联网基于 WSN 节点的交通信息采集主要涉及以下关键技术:

首先,路网车辆的精确定位。长期以来,车辆通过 GPS 进行定位,并可将当前车速及具体位置

传送给交通信息中心,定性地反映出当前路网的交通状况。但多路径效应会导致 GPS 信号质量下降,定位精度降低,无法准确定位车辆,传送给交通信息中心的信息也会出现偏差^[13]。研究基于 GNSS、激光、雷达、图像数据、WSN 的综合环境感知技术,及高精度多模式车载组合定位、惯性导航和航迹推算、高精度地铁及其匹配等技术,将是车辆精准定位技术发展的主流方向。

其次,多通道的路面交通信息采集。车联网体系中最重要的是能实时、准确地采集到动态交通信息中的交通流信息,譬如:车流量、路网平均车速、平均车流密度、车辆定位、行程时间等。车载传感器节点和路侧传感器节点利用微波检测、红外线检测、视频检测技术及基于 GPS 定位的采集技术、基于 RFID 的采集技术等来获取交通数据。但每种检测采集技术都有其优缺点,应对多种技术进行融合,提高路网交通信息的实时采集精度。

最后,车联网的 WSN 节点并不是由一种单一的传感器构成,而是由多种传感器、多个应用模块综合组成。这涉及到各种传感器衔接、各个应用模块融合以及传感器节点与车辆总线或路侧总线连接等亟待解决的问题。

2.2.2 WSN 节点的信息融合

WSN 节点采集的交通信息庞大且复杂,而各个节点的存储数据的能力有限。为了减少节点在通信时的数据传输量,需要对采集的交通信息进行融合,以便 WSN 节点只储存必要的交通信息。目前用于数据融合的方法有很多,常见的有叶贝斯方法、神经网络方法及 D-S 证据理论等^[14-15]。这些数据融合方法都只是单纯的理论研究,只有将这些方法综合设计出针对交通需求的数据融合方法,才能最大限度受益。

2.2.3 WSN 节点的网络拓扑控制

无线传感器网络系统节点数目庞大,分布密集,节点的增加、减少及变动都会引起无线网络的拓扑结构的改变。通过拓扑控制自动生成良好网络拓扑结构,能为各节点的数据通信、数据融合及节点定位等奠定基础。目前传感器网络拓扑控制主要是通过功率控制和骨干网节点选择,剔除节点之间不必要的无线通信链路,生成一个高生成一个高效的数据转发的网络拓扑结构^[16]。譬如:平均度约束的无线传感器网络拓扑控制、低能耗多层次型拓扑控制 LPH 算法、基于能量代价的最

小权和连通支配集拓扑控制算法、基于分簇和局部优化的拓扑控制等^[17-19]。但这些方法提出的模型都是理想化模型,若直接应用到车联网的 WSN 中会出现诸多困难。因此,必须提出适用于车联网的无线传感器网络拓扑控制机制,以保证网络高覆盖度前提下的网络高可靠性,达到能量节省和拓扑快速形成的目的。

2.2.4 WSN 节点的通信技术

无线传感器网络中的各传感器节点的通信如图 4 所示。WSN 节点的通信可以分为:路外通信、车路通信、车车通信以及车内通信。路外通信主要有:2G、2.5G、3G、3.5G GPS、WiMAX 等;车路通信主要有:微波(microwave)、红外线(infrared)、Dedicated Short Range Communications (DSRC)、Wi-Fi 等;车车通信主要有:微波(microwave)、红外线(infrared)、DSRC 等;车内通信:蓝牙(bluetooth, BT)、超宽频(ultra-wideband, UWB)等^[20-21]。这些通信技术都有各自的优缺点及标准,不同的应用环境,相应的通信模式各不相同,如何将这些通信技术整合到车联网中,发挥各自的优点,并制定出我国自己的车联网通信体系和标准是当务之急。

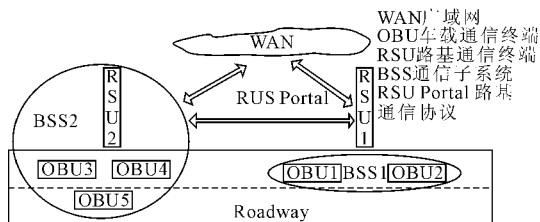


图 4 WSN 节点通信

Fig. 4 WSN node communication

3 车联网应用

基于云计算和 WSN 的车联网将为交通行业带来新的变革。车联网统筹分配道路资源,改变路网交通的组织和疏导方式,建立基于“交通云计算中心—车载通信、传感、计算终端”的城市交通信息平台,使城市的交通管理水平进入高度智能化的阶段。车联网给整个交通行业展现出了无限宽广的应用前景,其主要应用如下:

3.1 交通资源分配及交通诱导

交通云平台根据车载终端和路侧终端采集的交通基础数据信息,通过智能调度、路网均衡等方法进行科学决策,可准确判断当前路网的详细路况信息,以满足交通需求为目标合理分配道路资

源,得到最优的交通策略,从而为交通管理部门发布车辆诱导信息提供科学有力的依据,有效缓解城市日益严重的交通拥堵问题。

3.2 交通协调控制

利用车载终端和路侧终端完成对车辆的识别以及车速的检测和数据采集,通过交通云计算平台对采集的各种交通基础数据进行处理,根据实时交通状态和各种出行需求来调整交通协调控制策略,以优化区域交通协调控制方案。并且车联网中的交通云平台可以对交通状态进行预测,为交通部门及时准确地作出交通决策提供支持。

3.3 拥挤收费及不停车收费

交通云平台通过车载终端和路侧终端的交通信息采集,具备完整实时的车辆位置、路径及状态信息,可以为拥挤收费提供强有力的信息及管理支持;车辆到达停车收费处时通过与路侧终端的交互实现不停车收费。

3.4 交通预警和交通执法

车载和路侧装置得到的交通信息,通过数据融合技术,能够为个体车辆提供辅助安全驾驶的服务,车辆过交叉口及换车道时,能通过预警有效防止车辆碰撞。运用云系统资源对交通事件进行检测和未来的交通状况进行预测,能够为紧急求援部门及时准确地作出决策提供支持。车载终端和路侧终端还可以检测车辆是否违章,并获取相关违章信息提供给交通执法部门作为取证依据。

4 结束语

本文提出的基于云计算和 WSN 的车联网体系,在通过 WSN 获取全路网的车辆位置及状态信息、道路负荷信息、交通需求信息的情况下,能够利用云计算对交通信息进行分析,并依靠交通云搭建交通信息共享平台,提供覆盖 IaaS、PaaS 及 SaaS 三层云服务的交通信息服务,能实现对交通流的有序组织和系统性疏导,为城市交通状况的根本性改善提供一种新的方法和手段。

参考文献

- [1] Gong Liang J, Qiang M, Dan L. Study for public transport vehicle location and navigation system based on GPRS [C] // 2006 6th International Conference on ITS Telecommunications, Chengdu, China: IEEE, 2007: 82-85.
- [2] 武锁宁. 车联网:值得关注的课题[J]. 中国电信业,

- 2010(8):17-19.
- [3] 李 晶,张 莉,杜 娟,等. 3G 网络技术在智能交通系统中的应用[J]. 吉林交通科技, 2010(2): 38-39.
- [4] 熊 炜,李清泉,李宇光. 智能道路系统的发展现状与趋势[J]. 中国公共安全: 智能交通版, 2007(2): 83-88.
- [5] 李清泉,熊 炜,李宇光. 智能道路系统的体系框架及其关键技术研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008,8(1):40-48.
- [6] Yan B Q, Rhodes P J. Toward automatic parallelization of spatial computation for computing clusters [C]//Proceedings of the 17th International Symposium on High Performance Distributed Computing. New York: ACM Press, 2008: 45-54.
- [7] Chang F, Dean J, Ghemawats, et al. Big table: a distributed storage system for structured data [J]. ACM Transactions on Computer Systems, 2008, 26(2): 1-26.
- [8] 陈 全,邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009, 29(9): 2562-2567.
- [9] Buyya R, Yeo C S, Venugopal S, et al. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility [J]. Future Generation Computer Systems, 2008, 25(6): 599-616.
- [10] Zahariam, Konwinskia, Joseph A D. Improving Map Reduce performance in heterogeneous environments[C]//Proceedings of the 8th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation. New York: ACM Press, 2008: 29-42.
- [11] 李辉道,廖 宇. 交通云——云计算在智能交通中的应用探讨[J]. 中国智能交通, 2011(3): 56-59.
- [12] Wang NenChung, Huang YungFa, Chen OngShin, et al. Energy-aware data aggregation for grid-based wireless sensor networks with a mobile sink [J]. Wireless Personal Communications, 2007, 7(4): 1539-1551.
- [13] 王云鹏. 车路协同系统关键技术与发展趋势[J]. ITS 世界, 2011(3): 1-8.
- [14] 魏雪云,廖惜春. 智能无线传感网络关键技术及应用研究[J]. 制造业自动化, 2007, 29(4): 79-80.
- [15] Stoleru R, Stankovic J A. Robust node localization for wireless sensor networks [J]. EmNets, 2007, (6): 25-26.
- [16] Bera R, Bera J, Sil S, et al. Dedicated short range communications (DSRC) for intelligent transport system [C]//2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, Bangalore, India: IEEE, 2006: 5-5.
- [17] 陈力军,毛莺池,陈道蓄,等. 平均度约束的无线传感器网络拓扑控制[J]. 计算机学报, 2007, 30(9): 1544-1550.
- [18] 康一梅,李志军,胡 江,等. 一种低能耗层次型无线传感器网络拓扑控制算法[J]. 自动化学报, 2010, 36(4): 543-549.
- [19] 孙 超,尹荣荣,郝晓辰,等. WSN 中基于能量代价的最小权和支配集拓扑控制算法[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(4): 857-863.
- [20] Arici T, Altunbasak Y. Adaptive sensing for environment monitoring using wireless sensor networks [C]//Wireless Communications and Networking Conference, 2004: 2347-2352.
- [21] Zhang Qian, Yang Xianglong, Zhou Yiming, et al. A wireless solution for greenhouse monitoring and control system based on ZigBee technology [J]. Journal of Zhejiang University Science A, 2007 (10): 1584-1586.

Framework and the Key Technologies for Car Networking System Based on Cloud Computing and WSN

TANG Xiaolin LIN Peiqun XU Jianmin

(School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: At present the development of car networking is still in its infancy, and its technology system has not been formed. This paper puts forward the car networking system based on cloud computing and WSN, which focuses on car-car synergy, car-road synergy, and road network synergy. It also analyzes the key technologies of applying cloud computing and WSN to car networking system.

Key words: ITS; car networking; cloud computing; WSN