



专题:异构网络

## 异构网络融合场景下车联网的移动性管理和资源管理

杨 琼,胡 静,夏玮玮

(东南大学移动通信国家重点实验室 南京 210096)

**摘 要:**针对异构网络融合场景下车联网的特点,研究了车联网中的移动性管理技术和资源管理技术。在介绍物联网及车联网基本概念的基础上,分析了车联网中异构网络融合的应用场景,通过研究车联网中的通信设备、通信形式、组网方式等,提出了车联网的网络架构。与一般异构网络相比,车联网中车辆移动速度快,造成车辆接入公共网络时频繁切换的问题,为此,研究了车联网中的移动性管理技术。车联网中通信设备以及通信形式的多样化带来了多样化的业务需求,针对不同优先级业务提出了车联网中基于优先级的资源管理技术,即在异构网络的资源管理中必须保证高优先级业务在资源分配、接入控制、网络选择等方面始终处于优先状态。

**关键词:**车联网;异构网络融合;物联网;移动性管理;资源管理

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2015234

## Mobility Management and Resource Management of Internet of Vehicles in Converged Heterogeneous Network Scenario

Yang Qiong, Hu Jing, Xia Weiwei

(National Mobile Communications Research Laboratory, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** According to characteristics of internet of vehicles in converged heterogeneous network scenario, mobility management and resource management were studied. The converged heterogeneous network scenario was analyzed based on the concepts of internet of things and internet of vehicles. Network architecture of internet of vehicles was proposed by research of communication equipments, communication mode and networking. Compared with general heterogeneous network, vehicles are moving quickly in internet of vehicles which leads to frequent handoff. In order to solve this problem, mobility management in internet of vehicles was studied. Various communication equipments and communication modes lead to various service requirements and resource management based on priority was proposed according to different priority services. In resource management of heterogeneous network, high priority service should have priority in resource allocation, access control and network selection.

**Key words:** internet of vehicles, converged heterogeneous network, internet of things, mobility management, resource management

收稿日期:2015-08-22;修回日期:2015-09-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.61201175, No.61372104)

**Foundations Items:** The National Natural Science Foundation of China (No.61201175, No.61372104)

论文引用格式:杨琼,胡静,夏玮玮.异构网络融合场景下车联网的移动性管理和资源管理.电信科学,2015234

Yang Q, Hu J, Xia W W. Mobility management and resource management of internet of vehicles in converged heterogeneous networks scenario. Telecommunications Science, 2015234

2015234-1



## 1 引言

随着无线通信技术和互联网技术的蓬勃发展,网络已经广泛应用于军事、工业、农业、交通、能源、医疗卫生等各个领域,渗透到人们日常生活的方方面面。目前,信息领域正经历着由物联网(internet of things, IoT)所引领的新一轮技术变革。2005年国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)正式提出了物联网的概念,物联网实现物与物(thing to thing, T2T)、人与物(human to thing, H2T)、人与人(human to human, H2H)的互联,将人与人之间的互联扩大到物的范围<sup>[1]</sup>。目前,学术界和产业界对于物联网的定义仍存在着争议,较为认可的定义为:物联网是通过射频识别(radio frequency identification, RFID)等信息传感设备,按照约定的协议将物品与网络连接起来进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络<sup>[2,3]</sup>。

车联网(internet of vehicles, IoV)是物联网在智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)中的一种典型应用。汽车保有量的飞速增长给日常生活带来便利的同时,城市交通拥堵、道路交通事故以及恶劣天气下道路交通安全等问题也给智能交通系统的研究带来了挑战。在此背景下,车联网技术应运而生,吸引了世界各国政府、产业界和研究机构的密切关注,全球已经有众多的科研机构、汽车制造商以及相关的组织参与到车联网科研项目、外场试验和标准化工作中。车联网基于车域网(vehicular area network, VAN)和车辆自组织网络(vehicular Ad Hoc network, VANET)技术,通过车辆内、车辆间以及车辆与路边基础设施的组网和通信,实现人与车、车与车、车与路之间的信息交互,对于减少道路交通事故、提高行车效率、提升车辆的信息化自动化程度、增强道路交通管理、提高乘客的乘车舒适度都具有十分重要的意义<sup>[4-6]</sup>。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)设立了 WG16 工作组,从事车联网所涉及的广域无线接入体制研究,并提出了 ISO21217 标准,包含大量不同类型的通信技术的应用,其中以 2G (GSM/CDMA)、3G (WCDMA/TD-SCDMA/cdma2000)、4G (TDD/FDD LTE)等通信技术为代表的公众蜂窝移动通信网络和基于 IEEE 802.11 系列标准的无线局域网(wireless local area network, WLAN)正逐步成为车辆接入网络的主要方式<sup>[7]</sup>。当前中国的蜂窝移动通信网络中,2G 网络还在运行,3G 网络的 3 种技术标准

TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000 在中国都有牌照,以 TD-LTE 为主的 4G 网络已经开始商用。由此可见,车联网面临着多种异构无线网络相互共存、不同接入技术共同部署的局面。

异构化已经成为无线网络发展的必然趋势,具体体现在接入网络的异构性、业务的异构性、终端的异构性以及商业模式的异构性<sup>[8]</sup>。当前异构网络正朝着融合多种接入技术,与终端及周围网络相互协作的方向发展,以实现移动终端在异构网络之间的无缝切换和漫游能力,而异构网络融合的本质就是对异构无线网络进行资源整合,通过网络间的异构互通与相互协调实现整体性能的提升<sup>[9]</sup>。在车联网中,由于多种网络同时运行,2G 网络不同标准重复建设的现象在 3G 网络中继续存在,4G 网络是否能够统一标准亦不容乐观,异构网络共存的现象造成了资源利用的不合理以及较差的用户体验,这在车辆流动性大、运动速度快的车联网中显得尤为突出,因此也给车联网背景下的异构网络融合带来了新的挑战。本文将针对车联网的特点,探讨异构网络融合中的移动性管理技术和资源管理技术。

## 2 车联网的网络架构

车联网是物联网在交通领域中的典型应用,与一般的物联网相比,具有以下特点。

- 车联网中节点的拓扑结构变化快,车辆的快速移动性决定了网络中拓扑结构的频繁改变,使得两个车辆节点之间通信链路的生存时间大大缩短。
- 快速变化的拓扑结构给建立精确的邻居节点列表带来困难,而每个节点要获取维护整个网络的全局拓扑结构变得不现实,因此基于网络拓扑结构的协议不适用于车联网。
- 车辆高速行驶带来信道的快速衰落、严重的多普勒效应,同时受道路情况、道路周围高大建筑物、树木的影响,无线信道的质量更加不稳定。
- 虽然车辆节点的快速移动给车联网带来严重的挑战,但是由于车辆总是在道路上行驶,车辆节点的移动具有规律性,因此节点的拓扑结构变化也是具有规律、可预测的。
- 车联网中具有丰富的外部辅助设备。车载全球定位系统(GPS)可以为车联网提供精确的定时和车辆位置信息,配合电子地图使用,为车联网组网和路由协

议设计带来便利。车辆上可安装各种功能的传感器,采集车辆节点的速度、加速度、方向等状态信息。

- 一般物联网中传感器的通信模块大都由电池供电,所以节省能量成为协议设计过程中需要重点考虑的问题。而在车联网中,由车辆本身为各种设备提供电力,从而对通信设备能耗和设备体积的要求降低。

车联网包括了车域网和车辆自组织网络两大部分。其中,车域网是由车辆内部的定位模块、采集车辆状态信息参数的各类传感器、输入输出设备以及乘客的通信设备连接到车载单元(on board unit, OBU)所组成的网络,如图 1 所示。定位模块通过卫星定位系统获取车辆的位置信息。车辆上安装的各种传感器实时采集车辆行驶过程中的各种状态,如速度、加速度、方向等。输入输出设备为车内人员提供了 VAN 的操作平台,可以向网络中输入信息,通过音频输出设备获取告警信息,也可以通过视频输出设备直观地获取 VAN 中车辆行驶状况。乘客的各种通信设备也可以通过接入 OBU 来获取实时的行车信息、周围其他车辆的行驶状况、道路的整体交通状况等信息。OBU 同时也负责本车与外界的信息交互:一是车辆间的通信,二是车辆与路边基础设施单元(road side unit, RSU)之间的通信。沿道路设置的 RSU 一方面负责 OBU 的接入,另一方面与控制中心相连,将覆盖区域内的交通情况报告给控制中心,同时将控制中心的相关管理信息发布给接入的车辆。控制中心连接管辖区域内的所有 RSU,将各个 RSU 获取的车辆行驶信息汇总,实时监控道路交通状况,负责交通管理、紧急事件处理、收费管理、信息发布等。车辆通过专

用自组织网络来实现车辆间和车辆与 RSU 之间互联互通,就构成了典型的 VANET,除了自组织的方式之外,车辆也可以接入公众蜂窝移动网络或者 WLAN 来实现相互间的信息交互。由此可见,车联网工作在异构网络融合的场景下,可以将车载单元看作网关,一方面将车内所有的电子信息设备构成 VAN,实现车内设备的互联互通,另一方面检测能够提供服务的外部网络,并根据实际需求选择接入,从而能够提升网络的整体性能。

### 3 车联网的移动性管理

在蜂窝移动通信网络中已经具备相对成熟的移动性管理技术,移动性管理包括位置管理和切换控制两个部分,所实现的功能是通过确定的主机标识查找随机移动节点的当前位置,以向其传递数据或呼叫,并在其整个移动过程中保持通信的连续性。各异构无线网络的运营和管理都是独立的,由于其使用的接入技术、可获得的服务、采用的移动性管理技术不同等原因,网络对用户仍然区别对待,不同用户使用不同的网络服务体系并且不能互通。因此,移动性管理的需求、目标、关键技术 in 异构网络的环境中都具有了新的特征,并与无线接入控制、无线资源管理、会话管理等技术密切相关<sup>[10]</sup>。

作为移动性管理关键技术之一的切换控制在异构网络环境中,除了各个网络内部的切换控制以外,还包括跨越网络边界、跨运营商以及跨终端漫游时的切换控制,是同种接入技术内水平切换与异构接入技术间垂直切换的有机结合。水平切换由接入技术内部的机制实现和保证,

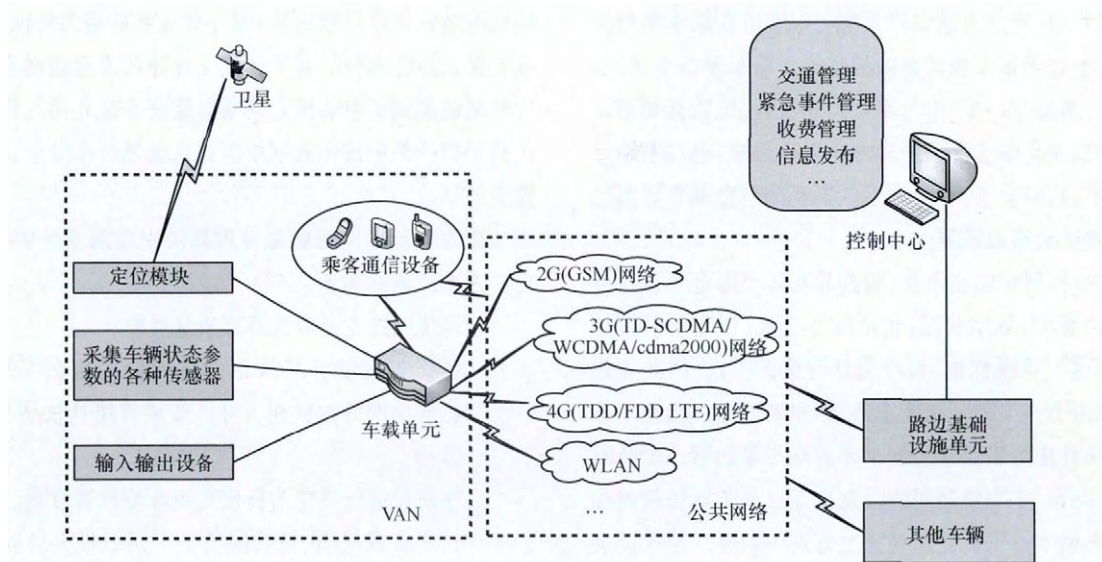


图 1 车联网的网络架构





而异构网络间的垂直切换则应结合当前移动终端所在网络的状况和移动终端自身状况等进行综合决策<sup>[11]</sup>。垂直切换并没有最佳评价标准,而是要根据用户不同的切换需求分别制定,如最佳服务质量(quality of service, QoS),用户不考虑资费等因素,只选择服务质量最佳的网络;最低服务资费,用户选择计费费率最低的网络;最大性价比,用户以服务质量与服务资费之比作为选择衡量标准;最大带宽,用户以获得最大服务带宽为目标等。

与一般异构网络相比,车联网中车辆移动速度快,这就造成车辆接入公共网络时频繁切换的情况,如何选择接入的公共网络来降低切换频率以及如何设计切换算法保证通信的连续性是车联网中移动性管理技术的重点和难点。在车联网中,所有车辆都处于高速移动的状态,给移动性管理尤其是切换控制带来巨大挑战,但同时也可以看到车联网的一些特点,可以充分利用进而改进切换控制技术。

车联网通过人一车一路之间的信息交互,能够获取车辆行驶状态、前方道路状况等,这些信息能够辅助预测车辆的行驶轨迹。移动预测对异构网络中的移动性管理起着举足轻重的作用,基于预测信息能够减少实际切换的工作量、减少切换时延、改善网络流量控制等。在一般的异构网络中,由于各个节点的运动几乎没有规律可循,精确的移动预测难以实现,只能被动地跟踪移动节点的位置变化,通过回归分析、人工神经网络、Markov 预测模型等统计学方法进行节点的移动预测。车联网中,车辆总是在道路上行驶,车辆节点的移动具有规律性,通过输入目的地,在电子地图中路径规划后,车辆可以按照既定路线行驶,车辆行驶过程中,通过卫星定位系统可以实时获取本车的位置信息,通过采集车辆状态的传感器获取车辆的速度、加速度信息,通过车与车、车与路之间的通信,可以获知前方道路状况以及交通状况。综合考虑以上因素,可以主动计算出车辆的行驶轨迹,并根据不断更新的信息调整预测结果,实现精确的移动预测。

由于异构网络的复杂性,切换算法需要综合考虑业务类型、网络资费、网络状况(包括网络负载、带宽、时延、分组丢失率等)、系统性能、用户偏好等诸多因素,因此异构网络中是由节点来制定切换策略,即主动式的切换控制方式,而切换算法可以归结为一个多目标决策问题。车联网中通过车与车、车与路之间的信息交互以及车辆精确的移动预测,车辆节点可以提前获知前方网络的覆盖情况以及各个网络的网络状况,这是影响切换算法性能的重要切换

决策因素。在切换算法这个多目标决策问题中,考虑精确的移动预测和前方网络状况将会极大地提高决策的准确性,提升切换算法的性能。

## 4 车联网的资源管理

传统的无线网络中资源管理主要包括功率控制、信道分配、资源调度、接入控制、负载均衡等,异构网络中的无线资源管理是一组不同无线网络中控制机制的组合,需要协调不同接入网络的资源、完善协议兼容性以及提供跨越不同网络业务的 QoS 保证,最终实现无线资源的优化使用并达到系统容量最大化的目标。在车联网中,通信设备种类的多样化以及通信形式的多样化带来了更加多样化的业务需求,最重要的是这些业务将会被划分优先级,涉及车辆安全驾驶的业务是高优先级,在资源管理中必须保证高优先级业务在资源分配、接入控制、网络选择等方面始终处于优先状态。

参考文献[4,12]总结了车联网中的一些典型业务,按业务类型划分,可以分为安全型业务和非安全型业务。安全型业务涉及安全驾驶方面,包括变道提醒、超车提醒、紧急刹车预警、碰撞预警、前方路况提醒等;非安全型业务涉及车内乘客的舒适驾驶,包括不停车收费、道路交通信息提示、停车场信息提示、乘客接入互联网进行办公与娱乐等。根据所传递消息的紧急程度不同,这些业务又被赋予不同的优先级,为了保障行车安全,安全型业务的优先级永远高于非安全型业务的优先级。根据带宽、时延、分组丢失率等网络状况将车联网中的各类网络进行质量评级,网络状况越好质量级别越高。基于优先级的资源管理的本质就是保证高优先级的业务能优先选择高质量的网络,与低优先级业务同时申请接入网络时能获得优先接入权,优先占用异构网络中的优秀网络资源以保障行车安全,减少道路交通事故。

在现有异构网络资源管理算法中考虑业务的优先级需要遵循的原则如下。

- 高优先级业务应选择高质量网络。
- 低优先级业务在网络负载允许的情况下有选择高质量网络的权利,可以按照传统算法进行网络选择。
- 在高质量网络中为高优先级业务预留容量,即设定一个负载门限,该门限值小于网络最大负载,当网络中的用户数达到负载门限时,该网络将不再接受

低优先级业务的接入请求,因此低优先级业务的用户在网络选择时将不考虑高质量网络。

- 当高质量网络达到最大负载,而此时又收到高优先级业务的接入请求时,该网络会将低优先级业务的用户切换至质量级别低一级的其他网络,保证高优先级业务接入高质量网络。如果无法实现网络切换,新的高优先级业务将会选择接入质量级别低一级的网络。
- 在同一个网络中,当高优先级业务和低优先级业务同时需要接入信道时,应保证高优先级业务优先接入信道。

高优先级业务和低优先级业务进行网络选择时的流程分别如图 2 和图 3 所示。

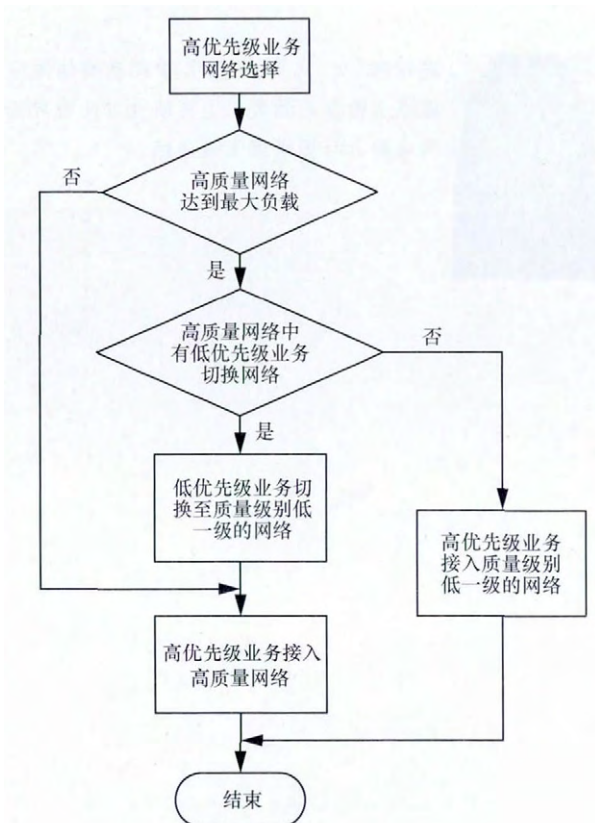


图 2 高优先级业务网络选择流程

## 5 结束语

车联网是物联网在智能交通系统中的典型应用,且车联网中多种无线网络共存,形成了车联网中异构网络融合的应用场景。针对车联网中车辆移动速度快的特点,研究了移动性管理技术,通过精确的移动预测以及提前获知前方网络状况,能提高切换控制算法的性能。

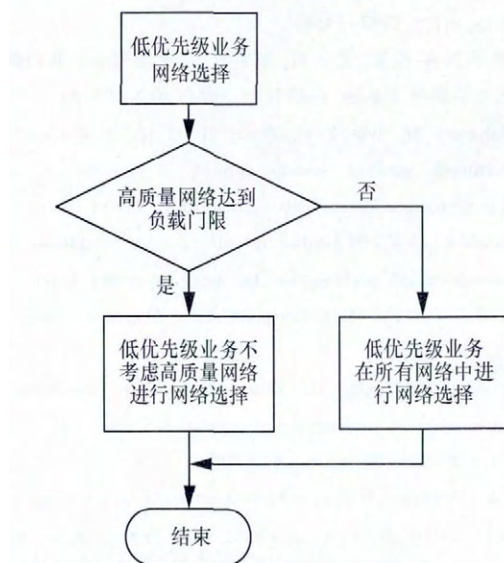


图 3 低优先级业务网络选择流程

针对不同车联网中存在不同优先级的业务,研究了车联网中基于优先级的资源管理技术,即在异构网络的资源管理中必须保证高优先级业务在资源分配、接入控制、网络选择等方面始终处于优先状态。本文探讨了车联网中异构网络融合的应用场景给移动性管理和资源管理带来的挑战,旨在抛砖引玉,这两方面内容将在今后的工作中进行深入研究。

## 参考文献

- 1 ITU. The Internet of Things, 2005
- 2 Atzori L, Iera A, Giacomo M. The internet of things: a survey. *Computer Networks*, 2010, 54(15): 2787~2805
- 3 朱洪波, 杨龙祥, 于全. 物联网的技术思想与应用策略研究. *通信学报*, 2010, 31(11): 2~9  
Zhu H B, Yang L X, Yu Q. Investigation of technical thought and application strategy for the internet of things. *Journal of Communications*, 2010, 31(11): 2~9
- 4 Mak T K, Laberteaux K P, Sengupta R, *et al.* Multichannel medium access control for dedicated short-range communications. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2009, 58(1): 349~366
- 5 吴怡, 杨琼, 吴庆祥等. 基于自组织映射神经网络的 VANET 组网算法. *通信学报*, 2011, 32(12): 136~145  
Wu Y, Yang Q, Wu Q X, *et al.* Networking algorithm based on self-organizing map neural network for VANET. *Journal of Communications*, 2011, 32(12): 136~145
- 6 Yang Q, Xing S, Xia W, *et al.* Modelling and performance analysis of dynamic contention window scheme for periodic broadcast in vehicular Ad Hoc networks. *IET Communications*,



2015, 9(11): 1347~1354

- 7 默罕莫德·默森, 毛云川, 张瑞等. 一种适用于车联网的无线接入多模网关系统. 电信科学, 2014, 30(4): 74~81  
Mohamed M, Mao Y C, Zhang R, *et al.* A wireless access multimode gateway system applied in internet of vehicle. Telecommunications Science, 2014, 30(4): 74~81
- 8 Akyildiz I F, Mohanty S, Xie J. A ubiquitous mobile communication architecture for next-generation heterogeneous wireless systems. IEEE Communications Magazine, 2005, 43(6): 29~36
- 9 Gamage A, Liang H, Zhang R, *et al.* Device-to-device communication underlaying converged heterogeneous networks. IEEE Wireless Communications, 2014, 21(6): 98~107
- 10 Zekri M, Jouaber B, Zeglache D. A review on mobility management and vertical handover solutions over heterogeneous wireless networks. Computer Communications, 2012(35): 2055~2068
- 11 Xia W, Shen L. Modeling and analysis of hybrid cellular/WLAN systems with integrated service-based vertical handoff schemes. IEICE Transactions on Communications, 2009, E92 -B(6): 2032~2043
- 12 Toor Y, Muhlethaler P, Laouiti A. Vehicle Ad Hoc networks: applications and related technical issue. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2008, 10(3): 74~88

#### [作者简介]



杨琼,女,东南大学移动通信国家重点实验室博士生,主要研究方向为车辆自组织网络、车联网、移动自组织网络等相关技术。



胡静[通讯作者],女,博士,东南大学移动通信国家重点实验室副研究员,主要研究方向为短距离无线通信、泛在网络等。



夏玮玮,女,博士,东南大学移动通信国家重点实验室副教授,主要研究方向为异构网络融合与短距离无线通信。