# 绪论

## 论文背景以及研究意义

交通系统对国家的政治经济、文化教育、科学技术等方面的发展影响极大，也是城市建设的一个非常重要的方面。交通的便捷程度已经成为衡量一个城市乃至一个国家发展程度的重要标志。

近年来，随着世界经济的飞速发展，车辆在世界范围内得到广泛的普及，车辆的普及为人们的出行带来了极大的便利，但与此同时，各种问题也应运而生。各大城市严重的交通拥堵、频发的交通事故、低下的运输效率、燃料资源的严重浪费以及由此造成的环境污染已成为重要的全球性问题。发达国家和发展中国家都受到交通问题的困扰。频发的交通事故将造成巨大的生命和财产损失。据世界卫生组织（World Health Organization, WHO）的统计，全球超过1亿人死于交通事故，每年由此造成的经济损失高达5000亿美元[1]。而且，城市交通拥堵使运输系统的效率下降，从而阻碍了经济的增长。因此，目前交通系统的安全和效率都有较大的提升空间。

车联网的概念引申自物联网，物联网的概念自从1999年首次被提出之后，立即在世界范围内得到迅速的发展。因此物联网也被誉为继通信、计算机、互联网之后的第三次信息发展浪潮。而车联网，作为物联网的重要应用之一，在2005年被提出之后，迅速成为学术领域的研究热点。车联网是车辆工程与通信工程、网络技术的高度融合，它是实现ITS的重要手段与理论基础。

车联网旨在通过车对车（V2V）以及车对基础设施（V2I）的通信来提供信息交换。据报道，超过50％的受访消费者对汽车通信有非常浓厚的兴趣，其中，将近22％的受访者愿意每月支付30至65美元用于车联网的增值服务[2]。1999年，FCC（Federal Communications Commission）分配了75 MHz（从5.850 GHz到5.925 GHz）专用短距离通信（Dedicated Short-Range Communications, DSRC）带宽。美国交通部（U.S. Department of Transportation, DOT）估计，基于DSRC的V2V通信可以减少美国所有道路交通事故的82％，这将会拯救数千人的生命，同时挽回数十亿美元的经济损失[3]。另外，移动蜂窝网络对车载业务的适用性也给予了极大的支持，为车载用户提供广覆盖和高数据速率的业务。

VANET[7]是无线网络的一个新兴领域，通过车辆与车辆（V2V）之间的通信，车辆与城市或道路基础设施（V2I）之间的通信，以构建起一个实时、高效、可靠的交通信息网络[8]。这个新兴技术领域旨在提高乘客的安全性，减缓交通流量，减少污染，并为乘客提供丰富多样的车载娱乐应用。通过向驾驶员提供交通路况信息，例如碰撞警告，路面状况或交通状况汇报，可以协助驾驶员提前做出相应的预防措施，从而减少事故的发生。此外，乘客可以利用城市可用的基础设施连接到互联网进行娱乐活动[9]。

车联网的网络结构具有以下特点：网络中车辆节点拓扑结构的快速变化会使得各个节点之间的通信链路的生命周期大幅缩减。此外，车辆的快速移动会导致信道严重衰落，并且路边的树木、建筑物等将产生严重的阴影衰落，进一步恶化信道质量。

传统的无线资源管理主要包含接入控制、资源分配、功率控制、信息反馈以及负载均衡等等。无线网络发展的必然趋势就是异构化，具体表现为网络接入的异构性、终端的异构性、业务以及商业模式的异构性等。在异构网络中，无线资源管理方案需要协调不同的接入资源，适配各个不同的协议，并且能够提供跨业务的QoS（Quality of Service）保证，以达到最大化系统容量的目标。

现有的资源管理方案以及网络架构并不能很好地应对这些挑战。不足之处主要体现在以下方面：目前的资源管理方案对于终端动态分布的自适应能力不强。业务的潮汐效应[12]将伴随着终端以及数据量的增加而变得明显。这是由于空载或者微负载的基站无法转移其处理能力从而导致资源浪费，另外，终端的集中化分布将会造成该区域内网络负荷过重，资源短缺，从而影响接入的可靠性以及时延，因此干扰和能效问题也不容忽视。

通常，在车辆通信的研究中存在两种情景，即非视距（Not Line of Sight, NLOS）和视距（Line of Sight, LOS）情景。在城市或曼哈顿街区模型中，存在着大量诸如建筑物和树木等障碍物，因此曼哈顿街区模型中的通信被认为是NLOS，而高速公路模型中的通信被认为是LOS的。目前用于V2V通信的传统解决方案依赖于IEEE 802.11p标准中的自组织通信[10]。由于车辆通信环境的动态特性以及较为严格的服务质量（Quality of Service, QoS）要求，如可靠性和延迟，这些传统解决方案并不能直接应用于新兴的V2V场景[11]。因此，提出一个高效可靠的无线网络解决方案是我们目前面临的严峻挑战。

## 车联网应用以及发展概述

车联网的典型应用包括以下几类：

1) 语音通话服务：用户可以通过集成在车辆上的移动通信模块来进行语音通信业务。特别地，车辆可以同时提供第四代移动通信（4G）接口。车辆作为移动通信终端接入到移动通信网络中，利用车载音响提供基本的话音业务。

2) 定位服务：集成了卫星定位模块的车联网终端，可以利用卫星定位系统完成车辆的定位功能。虽然车辆定位技术已经十分成熟并且早已商用普及，但是结合车联网技术，仍然可以带来许多性能以及功能上的增益。例如，车辆移动通信网络可以作为卫星定位系统的辅助完成车辆的定位，这样可以极大地提高定位的准确性以及时效性。此外，车辆定位产生的位置信息可以上传到车联网服务平台，开拓并发展其他车联网应用，例如车辆紧急救援、车辆防盗、车辆追踪、智能交通管理等功能。特别是智能交通管理系统，借助于车辆的位置信息，能够优化车辆的行进路线，提高道路的通行效率，极大程度地避免交通拥塞。

3) 导航服务：借助于上传到车联网服务平台的各种信息，包括车辆自身的相关信息，以及道路信息。利用车联网大数据以及云计算平台，为车辆规划并实时更新行驶路线。

4) 车辆服务中心连接服务：目前，各大汽车厂商都提供了基于无线接入的车载服务中心（Telematics Service Provider, TSP），TSP服务基于车辆终端与服务中心之间点到点的语音通信，这样的TSP服务的可靠性难以保证，通用性也较差，因为各个汽车厂商都建造了自己的服务中心，而不同汽车厂商之间的服务中心是不互通的。而利用车联网提供的移动通信网络，中心连接服务的可靠性和稳定性以及相应的服务质量能够得到大幅度的提高，并且有利于制定并实现统一的服务接口。

5) 移动互联网接入：车联网也可以与互联网相互协作，理论上来说，大多数的互联网应用都可以移植到车联网系统中去。特别是在4G网络全面普及的今天，为车载大数据服务提供了良好的基础。

6) 第三方信息管理服务：现阶段，第三方信息管理服务大多采用RFID（Radio Frequency Identification）技术，高科技园区、校园、商场、住宅区、商务中心等都在进出口通道安装了基于RFID技术的门禁设备。将进出车辆的授权信息写入RFID芯片，从而实现自动放行和收费的门禁系统。需要指出的是，这种技术需要额外地在车辆上安装一个RFID芯片，这必然会限制该项技术的应用。利用车联网终端上集成的短距离无线通信模块，以及安装在入口处的网络设备，车辆可以快速接入局域网络。在管理系统中，记录车辆的无线网卡地址即可进行授权管理。

7) 车辆紧急救援：借助于车联网系统，安装在车联网终端上的传感器以及通信设备可以自动拨打求救电话，并报告车辆具体位置信息，帮助救援人员准确快速地定位事故现场。这可以极大程度上提高伤员的存活概率。

8) 车辆数据和管理服务：车辆的静态信息一般都是存储在电子控制单元（Electronic Control Unit，ECU）之中。若要获取此类信息，必须经由专业人员并借助专业设备通过OBD（On-Board Diagnostic）接口读取，十分的繁琐且不方便。在车联网系统中，将车联网终端与ECU相连，车辆的静态信息就可以直接通过移动通信网络发送给相关服务提供商，极大地简化了提取过程。

美国对于车联网技术的发展可以追溯到20世纪50年代，用于车辆的自动控制系统的研究工作首先在美国部分中小型企业中开展。到了20世纪60年代，电子路径引导系统（Electronic Route Guidance Systems, ERGS）首先由美国交通部首次提出，并正式与部分大型企业共同开展研发工作。专用短程通信技术（DSRC）是ITS研究中的一个重要方向，作为车辆之间通信的首选技术，DSRC的标准化、推广以及普及在很大程度上推动了整个车联网行业的发展。2004年，ACM（Association for Computing Machinery）发起并组织了首次关于车联网标准的国际会议，车联网一词首次真正地进入了公众的视野。2006年初，车辆基础设施一体化（Vehicle Infrastructure Integration, VII）的概念首次被提出，随即得到了各大汽车制造厂商的积极响应，各大厂商同步开展相关应用软硬件的研发工作。2009年12月，美国交通运输部（DOT）发布了“ITS Strategic Research Plan, 2010–2014”计划，该计划旨在创建一个能够在车辆、道路硬件设施、各类通信设备之间进行信息交互的陆地通信系统。截至2012年初，美国在多个地区，针对车联网技术，进行了安全性驾驶测验，该测验用来评估人们对车联网技术的适应程度以及接纳程度，并于2012年9月至2013年9月期间，继续进行安全性驾驶模型的理论研究与测试工作。2012年12月，美国交通运输部（DOT）发布了“US ITS Strategic Plan 2015-2019”计划，该计划以2010-2014年计划的进展为基础，在一个基于包容性、协作性、交互性和迭代性的全面视角下，确定了下一阶段ITS系统与车联网的研究方向与发展思路。现如今，美国的VANET领域正逐步向成熟阶段发展，硬件价格更加经济，人们更能接受，相关车联网业务的飞速发展，包括信息服务，即时通讯，多媒体娱乐等，极大地丰富了用户的体验。

日本对于车联网也有较为深入的研究。早在20世纪70年代初期，日本就启动了有关智能交通系统的研究工作，经过将近25年的发展，直至20世纪90年代中期，日本先后开展了有关车辆通信、交通管理、车辆定位以及导航、车辆安全等相关领域的研究。2000年4月，日本开始建设电子不停车收费系统（Electronic Toll Collection, ETC），在各收费站部署该系统后，能够达到不停车收费、提高车辆通行效率的目的。“日本智能交通系统战略规划”由日本智能交通战略委员会于2003年7月发布，该战略提出了日本智能交通系统的发展构思以及中短期战略计划。截至2013年年底，日本已有3000万辆车安装了VICS（Vehicle Information and Communication System）系统，其数量占比高达40%。2011年，日本拟引入智能交通技术，智能交通技术可以及时、高效地向车辆提供必要交通信息，很大程度缓解了交通拥堵的状况，从而改善了行驶环境。

我国对车联网技术的研究相对于国外而言，起步较晚。1986年，在南京启动了我国第一套信号控制系统的研发工作，并于1991年完成开发，在南京主城区完成安装部署工作，顺利地完成了测试工作。2007年底，上汽集团联合通用汽车公司成立了一家合资企业，名为“上海安吉星信息服务有限公司”，随即在亚洲市场推行了Onstar服务。2009年，伴随着好帮手、城际通、赛格导航等多家大型企业前后推行应用无线通信技术的车载电脑系统，这意味着我国正式步入Telematics（Telecommunications and Informatics）时代。2010年在江苏无锡召开的中国物联网博览会中首次引入了“车联网”的相关概念。同年10月，国务院于“863”计划中明确指出要大力推动车联网基础设施的建设工作，开展有关智能交通领域的关键技术的研究工作，并在“十二五”期间，全面推进车联网产业链的发展。2011年，在上海顺利召开了第二届“车联网”产业链合作研讨会。同年7月，在深圳国际会展中心成功举办中国车联网产业发展论坛（CNF2011），并于大会上以商业模式的视角，首次对车联网相关领域进行了深入的探讨与研究。同年12月，由北京邮电大学、国机汽车股份有限公司牵头，50余家产业相关优势企业、高校及科研机构按照“自愿、平等、合作”的原则共同发起的中国车联网产业技术创新战略联盟在北京正式成立，该联盟旨在研究、跟踪国际前沿车联网技术，大力发展我国车联网相关产业，推动中国车联网健康、良性地发展。

## 论文研究内容与章节安排

本文主要研究针对V2V场景的资源分配算法以及针对V2I场景的资源分配算法，传输模式限定基于PC5接口的直传链路。在这种无中心自组织网络中，车辆之间独立地竞争时频资源将会产生严重的干扰，本文以提高时频资源复用率、提高系统整体包到达率、降低平均包传输时延为目标对资源分配算法进行深入的研究。

本论文各章节安排如下：

第一章首先介绍了车联网以及车联网中的资源分配算法的研究背景以及研究意义，对车联网的典型应用场景以及车联网的发展进行了简要的概述。最后对本文的研究内容、主要创新点以及论文的章节安排进行说明。

第二章首先介绍了车联网的经典系统架构以及车联网的传输模式，然后简要概述了无线资源管理的研究现状。最后对仿真平台的搭建进行需求分析。

第三章首先介绍了V2X系统级车联网仿真平台的总体架构以及功能单元的划分，并且详细介绍了各个功能单元的具体设计思路以及实现细节。然后，针对V2V通信场景，提出了基于载波侦听的随机选择算法以及基于地理位置的时分算法。最后给出了仿真平台的验证分析以及2种资源分配算法的性能评估。

第四章针对V2I场景，先后引入了基于地理位置的分簇策略、资源预留机制、冲突避让机制，在提高时频资源复用率的同时尽可能降低车辆之间的同频干扰。并在此基础之上，提出了基于分簇的轮询调度算法，基于分簇的时分算法、基于分簇的簇间竞争算法。最后，给出了上述3个方案的仿真性能评估。

第五章对全文进行总结，列出了本文工作的不足之处，并对下一阶段的研究方向做出了展望。

### 业务模型与控制单元

根据3GPP-36.885协议[24]的规定，车联网中的消息类型大致上可以分为两类：优先级较高的紧急消息以及优先级较低的周期消息。其中优先级较高的紧急消息主要包括交通事故预警、交通拥塞汇报、救援车辆避让等等；优先级较低的周期消息主要是车辆自身的状态信息，包括车辆行驶速度、车辆行驶方向、车辆位置信息、车辆引擎状态、车胎状态等等。此外，还可能有非安全相关的业务，包括各类车载应用软件产生的个人数据，例如网页浏览、车载娱乐、语音、视频等。

V2X系统级车联网仿真平台支持安全等级较高的紧急消息以及安全等级较低的周期消息。对于周期性消息的产生周期，3GPP-36.885协议[24]有着明确的定义，如表 3-4所示。

表 3-4 周期性消息在不同地理拓扑模型下的周期

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 车辆撒点情景 | 车辆绝对速度（km/h） | 消息产生周期（TTI） |
| 高速公路 | 140 | 100 |
| 高速公路 | 70 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 60 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 15 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 15 | 500 |

此外，对于周期性消息，信息的组成结构以及具体大小如下：一个300-bytes的数据包，加上四个190-bytes的数据包。不同的车辆之间产生数据包的时刻完全随机，仅需要保证对于每个车辆而言数据包的产生是周期性触发的。

对于非周期性消息，其优先级一般要高于周期性消息。可以采用简单的随机触发算法来产生非周期性消息，同时各个车辆对于非周期性消息的产生相互独立。

# 绪论

## 论文背景以及研究意义

交通系统对国家的政治经济、文化教育、科学技术等方面的发展影响极大，也是城市建设的一个非常重要的方面。交通的便捷程度已经成为衡量一个城市乃至一个国家发展程度的重要标志。

近年来，随着世界经济的飞速发展，车辆在世界范围内得到广泛的普及，车辆的普及为人们的出行带来了极大的便利，但与此同时，各种问题也应运而生。各大城市严重的交通拥堵、频发的交通事故、低下的运输效率、燃料资源的严重浪费以及由此造成的环境污染已成为重要的全球性问题。发达国家和发展中国家都受到交通问题的困扰。频发的交通事故将造成巨大的生命和财产损失。据世界卫生组织（World Health Organization, WHO）的统计，全球超过1亿人死于交通事故，每年由此造成的经济损失高达5000亿美元[1]。而且，城市交通拥堵使运输系统的效率下降，从而阻碍了经济的增长。因此，目前交通系统的安全和效率都有较大的提升空间。

车联网的概念引申自物联网，物联网的概念自从1999年首次被提出之后，立即在世界范围内得到迅速的发展。因此物联网也被誉为继通信、计算机、互联网之后的第三次信息发展浪潮。而车联网，作为物联网的重要应用之一，在2005年被提出之后，迅速成为学术领域的研究热点。车联网是车辆工程与通信工程、网络技术的高度融合，它是实现ITS的重要手段与理论基础。

车联网旨在通过车对车（V2V）以及车对基础设施（V2I）的通信来提供信息交换。据报道，超过50％的受访消费者对汽车通信有非常浓厚的兴趣，其中，将近22％的受访者愿意每月支付30至65美元用于车联网的增值服务[2]。1999年，FCC（Federal Communications Commission）分配了75 MHz（从5.850 GHz到5.925 GHz）专用短距离通信（Dedicated Short-Range Communications, DSRC）带宽。美国交通部（U.S. Department of Transportation, DOT）估计，基于DSRC的V2V通信可以减少美国所有道路交通事故的82％，这将会拯救数千人的生命，同时挽回数十亿美元的经济损失[3]。另外，移动蜂窝网络对车载业务的适用性也给予了极大的支持，为车载用户提供广覆盖和高数据速率的业务。

VANET[7]是无线网络的一个新兴领域，通过车辆与车辆（V2V）之间的通信，车辆与城市或道路基础设施（V2I）之间的通信，以构建起一个实时、高效、可靠的交通信息网络[8]。这个新兴技术领域旨在提高乘客的安全性，减缓交通流量，减少污染，并为乘客提供丰富多样的车载娱乐应用。通过向驾驶员提供交通路况信息，例如碰撞警告，路面状况或交通状况汇报，可以协助驾驶员提前做出相应的预防措施，从而减少事故的发生。此外，乘客可以利用城市可用的基础设施连接到互联网进行娱乐活动[9]。

车联网的网络结构具有以下特点：网络中车辆节点拓扑结构的快速变化会使得各个节点之间的通信链路的生命周期大幅缩减。此外，车辆的快速移动会导致信道严重衰落，并且路边的树木、建筑物等将产生严重的阴影衰落，进一步恶化信道质量。

传统的无线资源管理主要包含接入控制、资源分配、功率控制、信息反馈以及负载均衡等等。无线网络发展的必然趋势就是异构化，具体表现为网络接入的异构性、终端的异构性、业务以及商业模式的异构性等。在异构网络中，无线资源管理方案需要协调不同的接入资源，适配各个不同的协议，并且能够提供跨业务的QoS（Quality of Service）保证，以达到最大化系统容量的目标。

现有的资源管理方案以及网络架构并不能很好地应对这些挑战。不足之处主要体现在以下方面：目前的资源管理方案对于终端动态分布的自适应能力不强。业务的潮汐效应[12]将伴随着终端以及数据量的增加而变得明显。这是由于空载或者微负载的基站无法转移其处理能力从而导致资源浪费，另外，终端的集中化分布将会造成该区域内网络负荷过重，资源短缺，从而影响接入的可靠性以及时延，因此干扰和能效问题也不容忽视。

通常，在车辆通信的研究中存在两种情景，即非视距（Not Line of Sight, NLOS）和视距（Line of Sight, LOS）情景。在城市或曼哈顿街区模型中，存在着大量诸如建筑物和树木等障碍物，因此曼哈顿街区模型中的通信被认为是NLOS，而高速公路模型中的通信被认为是LOS的。目前用于V2V通信的传统解决方案依赖于IEEE 802.11p标准中的自组织通信[10]。由于车辆通信环境的动态特性以及较为严格的服务质量（Quality of Service, QoS）要求，如可靠性和延迟，这些传统解决方案并不能直接应用于新兴的V2V场景[11]。因此，提出一个高效可靠的无线网络解决方案是我们目前面临的严峻挑战。

## 车联网应用以及发展概述

车联网的典型应用包括以下几类：

1) 语音通话服务：用户可以通过集成在车辆上的移动通信模块来进行语音通信业务。特别地，车辆可以同时提供第四代移动通信（4G）接口。车辆作为移动通信终端接入到移动通信网络中，利用车载音响提供基本的话音业务。

2) 定位服务：集成了卫星定位模块的车联网终端，可以利用卫星定位系统完成车辆的定位功能。虽然车辆定位技术已经十分成熟并且早已商用普及，但是结合车联网技术，仍然可以带来许多性能以及功能上的增益。例如，车辆移动通信网络可以作为卫星定位系统的辅助完成车辆的定位，这样可以极大地提高定位的准确性以及时效性。此外，车辆定位产生的位置信息可以上传到车联网服务平台，开拓并发展其他车联网应用，例如车辆紧急救援、车辆防盗、车辆追踪、智能交通管理等功能。特别是智能交通管理系统，借助于车辆的位置信息，能够优化车辆的行进路线，提高道路的通行效率，极大程度地避免交通拥塞。

3) 导航服务：借助于上传到车联网服务平台的各种信息，包括车辆自身的相关信息，以及道路信息。利用车联网大数据以及云计算平台，为车辆规划并实时更新行驶路线。

4) 车辆服务中心连接服务：目前，各大汽车厂商都提供了基于无线接入的车载服务中心（Telematics Service Provider, TSP），TSP服务基于车辆终端与服务中心之间点到点的语音通信，这样的TSP服务的可靠性难以保证，通用性也较差，因为各个汽车厂商都建造了自己的服务中心，而不同汽车厂商之间的服务中心是不互通的。而利用车联网提供的移动通信网络，中心连接服务的可靠性和稳定性以及相应的服务质量能够得到大幅度的提高，并且有利于制定并实现统一的服务接口。

5) 移动互联网接入：车联网也可以与互联网相互协作，理论上来说，大多数的互联网应用都可以移植到车联网系统中去。特别是在4G网络全面普及的今天，为车载大数据服务提供了良好的基础。

6) 第三方信息管理服务：现阶段，第三方信息管理服务大多采用RFID（Radio Frequency Identification）技术，高科技园区、校园、商场、住宅区、商务中心等都在进出口通道安装了基于RFID技术的门禁设备。将进出车辆的授权信息写入RFID芯片，从而实现自动放行和收费的门禁系统。需要指出的是，这种技术需要额外地在车辆上安装一个RFID芯片，这必然会限制该项技术的应用。利用车联网终端上集成的短距离无线通信模块，以及安装在入口处的网络设备，车辆可以快速接入局域网络。在管理系统中，记录车辆的无线网卡地址即可进行授权管理。

7) 车辆紧急救援：借助于车联网系统，安装在车联网终端上的传感器以及通信设备可以自动拨打求救电话，并报告车辆具体位置信息，帮助救援人员准确快速地定位事故现场。这可以极大程度上提高伤员的存活概率。

8) 车辆数据和管理服务：车辆的静态信息一般都是存储在电子控制单元（Electronic Control Unit，ECU）之中。若要获取此类信息，必须经由专业人员并借助专业设备通过OBD（On-Board Diagnostic）接口读取，十分的繁琐且不方便。在车联网系统中，将车联网终端与ECU相连，车辆的静态信息就可以直接通过移动通信网络发送给相关服务提供商，极大地简化了提取过程。

美国对于车联网技术的发展可以追溯到20世纪50年代，美国部分私营公司开始研究车辆自动控制系统。到了20世纪60年代，美国政府交通部门也参与其中，与私营企业共同研发电子路径引导系统（Electronic Route Guidance Systems, ERGS）。到了1999年，美国联邦通信委员会FCC将5.9GHZ的75MHZ的带宽用于DSRC，DSRC作为车辆和基础设施之间通信的重要通信技术。2002年，对DSRC技术的标准化促进了车联网的研究、发展和应用。2004年，美国电气和电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）依据ADTM标准对802.11p协议开始进行修订，并开始制定WAVE标准。同年，美国计算机协会（Association for Computing Machinery, ACM）在美国费城召开第一次关于车联网国际标准的研讨会，并于会上创造“VANET”一词，这便是我们常说的车联网。到了2006年，美国交通运输部（DOT）携手汽车制造厂商，开始V2V安全应用程序的研发与测试，意在提高车载安全系统在自适应控制上的性能。同一年，引入车辆基础设施一体化（Vehicle Infrastructure Integration, VII）的概念。2009年5月，启动了VII工程，同年12月份，美国交通运输部（DOT）发布了《智能交通系统战略研究计划：2010-2014》，该计划的目标是利用无线通信技术建立一个多模式地面交通系统，从而形成车辆、基础设施、便携式通讯设备之间相互通信的环境。2011年8月至2012年初，美国在多个地区，针对车联网技术，进行了安全性驾驶测验，用来评估人们对车联网技术的适应程度以及接纳程度。在2012年9月至2013年9月期间，继续进行安全性驾驶模型的理论研究工作。2012年12月，美国交通运输部（DOT）发布了《2015-2019ITS战略计划》，对下一代ITS战略研究计划方案进行了深入的讨论，并确立了ITS发展和研究的主题和关键，用于适应新兴的研究需求，从而进一步提升车联网的安全性、环保性。现如今，美国车联网领域正步入蓬勃发展的阶段，硬件价格更加经济，人们更能接受，相关车联网业务的飞速发展，包括信息服务，即时通讯，多媒体娱乐等，极大地丰富了用户的体验。

日本对于车联网也有较为深入的研究，始于20世纪70年代初期，日本就启动了ITS的研究，经过20世纪80年代的发展，直至20世纪90年代中期，先后完成了路车通讯系统、交通信息通信系统、安全车辆系统、智能车辆系统等领域的研究。2000年4月，日本开始实施ETC国家行动计划，拟在2003年3月之前在全日本范围内建立最少900个收费站。智能交通系统战略委员会于2003年7月发布了《日本智能交通系统战略规划》，该计划关于智能交通系统的发展提出了战略规划，同年，车辆信息通讯系统（Vehicle Information and Communication System， VICS）基本覆盖了全日本。截至2013年年底，日本已有3000万辆车辆安装了该系统，其数量占比高达40%。2011年，日本拟引入智能交通技术，智能交通技术可以及时、高效地向车辆提供必要交通信息，很大程度缓解了交通拥堵的状况，从而改善了行驶环境。

我国对车联网技术的研究相对于国外而言，起步较晚。1986年，在南京启动了我国第一套信号控制系统的研发工作，并于1991年完成开发，在南京主城区完成安装部署工作，顺利地完成了测试工作。2007年底，上汽集团联合通用汽车公司成立了一家合资企业，名为“上海安吉星信息服务有限公司”，随即在亚洲市场推行了Onstar服务。2009年，伴随着好帮手、城际通、赛格导航等多家大型企业前后推行Telematics车载信息服务系统，这标志着中国正式正步入Telematics时代。2010年在江苏无锡召开的中国物联网博览会中第一次提出了“车联网”的相关概念，并于同年10月，国务院于“863”计划中提出了路协同、智能车等关键技术研究以及大城市交通协同联动控制关键技术的研究，并指出在“十二五”期间，中华人民共和国工业和信息化部从产业规划、技术标准等多个领域着手，大力支持车载信息服务，用以推进车联网产业链的全面展开，预计在2020年底之前实现可控车辆规模达到2亿的目标。上海在2011年顺利召开了第二届“车联网”产业链合作研讨会，同年7月，在深圳国际会展中心成功举办中国车联网产业发展论坛（CNF2011），并于大会上对车联网领域相关的商业模式进行首次深入的探讨，同年12月，在北京成立了由科研机构、企业联盟、高校联盟联合组建的中国车联网产业技术创新战略联盟，该联盟的宗旨是推进中国汽车信息化领域的协同创新，推动智能交通系统的发展，并带动车联网相关应用的发展。阿里巴巴与上汽集团于2014年签订合作协议，启动了互联网车载应用的开发，致力于打造互联网汽车生态圈。2016年7月，上汽推出搭载了阿里巴巴YunOS操作系统的首款互联网汽车（RX5）。

## 论文研究内容与章节安排

本文主要研究针对V2V场景的资源分配算法以及针对V2I场景的资源分配算法，传输模式限定基于PC5接口的直传链路。在这种无中心自组织网络中，车辆之间独立地竞争时频资源将会产生严重的干扰，本文以提高时频资源复用率、提高系统整体包到达率、降低平均包传输时延为目标对资源分配算法进行深入的研究。

本文的章节安排如下：

第一章首先介绍了本文的研究背景、资源分配算法的研究意义，对车联网的典型应用场景以及车联网的发展进行了简要的概述。最后对本文的研究内容、主要创新点以及论文的章节安排进行说明。

第二章首先阐述了车联网的系统架构以及车联网的传输模式，然后简要概述了无线资源管理的研究现状。最后对仿真平台的搭建进行需求分析。

第三章首先介绍了V2X系统级车联网仿真平台的总体架构以及功能单元的划分，并且详细介绍了各个功能单元的具体设计思路以及实现细节。然后，针对V2V通信场景，提出了基于载波侦听的随机选择算法以及基于地理位置的时分算法。最后给出了仿真平台的验证分析以及2种资源分配算法的性能评估。

第四章针对V2I场景，先后引入了基于地理位置的分簇策略、资源预留机制、冲突避让机制，在提高时频资源复用率的同时尽可能降低车辆之间的同频干扰。并在此基础之上，提出了基于分簇的轮询调度算法，基于分簇的时分算法、基于分簇的簇间竞争算法。最后，给出了上述3个方案的仿真性能评估。

第五章对全文进行总结，列出了本文工作的不足之处，并对下一阶段的研究方向做出了展望。

### 业务模型与控制单元

车联网应用可以支持的消息业务大体可以分为两类，安全相关的和非安全相关的。安全相关的业务可以包括交通事故预防、交通事故处理和交通拥堵原因调查。非安全相关的业务可以包括所有与道路交通安全无关的个人数据业务，包括驾驶员和乘车人在车内可能需要的各类业务，例如导航、网页浏览、网络游戏和微博等娱乐业务。

其中安全相关的业务还可以进一步分为周期性的安全消息和非周期性的紧急安全消息。

周期性安全消息：例如信标消息，发送方式主要是广播。通过周期性的广播，车辆可以将自己当前的状态通知给周围的其他车辆，因为车辆的状态信息对于周围所有的邻居车辆都十分重要。这类消息主要包含车辆的速度、方向和位置等信息。产生这种数据包的频率为5-10HZ。数据包长度在字节200-400bytes。

非周期性紧急安全消息：一般用于道路上突发的安全事故或者安全隐患的广播。一旦在道路上发现安全隐患，具有广播能力的车联网终端必须要马上发送紧急安全消息通知附近车辆。非周期性的安全消息可能是通知车内异常情况，包括发动机、制动和动力系统故障，也可以通知路上的异常情况，例如碰撞警告、急刹车和低能见度等情况。这类数据包的大小略小于周期性安全消息，长度为100-300bytes。

业务模型主要是设定传输数据包的大小、数量以及触发机制。在3GPP-36.885协议中规定业务模型有两种：事件触发型机制和时间触发型机制。在V2X系统级车联网仿真平台构建中，需要同时考虑这两种消息触发机制，其中时间触发型机制对应的就是周期性消息的产生，事件触发型机制对应的就是非周期性消息的产生。

对于周期性消息的产生周期，3GPP-36.885协议有着明确的定义，如表 3-4所示。

表 3-4 周期性消息在不同地理拓扑模型下的周期

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 车辆撒点情景 | 车辆绝对速度（km/h） | 消息产生周期（TTI） |
| 高速公路 | 140 | 100 |
| 高速公路 | 70 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 60 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 15 | 100 |
| 曼哈顿街区 | 15 | 500 |

此外，对于周期性消息，信息的组成结构以及具体大小如下：一个300-bytes的数据包，加上四个190-bytes的数据包。不同的车辆之间产生数据包的时刻完全随机，仅需要保证对于每个车辆而言数据包的产生是周期性触发的。

对于非周期性消息，其优先级一般要高于周期性消息。可以采用简单的随机触发算法来产生非周期性消息。