

项目报告

On

斯利那加市车载自组织网络协议的分析与设计

为部分满足相关要求而提交

以授予.....学位

技术学士

IN

信息技术

Furqan Yaqub Khan

IT/03/15

在

Dr. Shabir Ahmad Sofi的指导下

信息技术系

斯利那加国家理工学院,

J&K

2019年6月

DEPARTMENT 信息NFORMATION 技术ECHNOLOGY

国ATIONAL 家NSTITUTE 技术ECHNOLGY 学院RINAGAR，查谟和克什米尔

JUNE 2019



证书

兹证明，题为《斯利那加市车载自组织网络协议的分析与设计》的项目由 Furqan Yaqub Khan（IT/03/15）在我的指导下完成，部分满足授予信息技术工学学士学位的要求。兹证明，该项目未曾提交或用于申请任何其他学位。

Dr. Shabir Ahmad Sofi 指导教
师 信息技术系 斯利那加国家理
工学院



学生声明

我们特此声明，本项目题为《斯利那加市车载自组织网络协议的分析与设计》，是我们为满足2019年 信息技术工学学士学位授予要求而完成的部分成果。本项目是在斯利那加国家理工学院信息技术系 Dr. Shabir Ahmad Sofi 的指导下完成的，所呈现的内容确为我们自己的真实工作记录。我们未曾将本项目的内容提交用于申请任何其他学位。

日期：2019年6月13日 姓名：
Furqan Yaqub Khan 签名：
furkaan

致谢

我谨向我的导师 Dr. Shabir Ahmad Sofi 表示特别的感谢，也感谢我们的系主任 Arooj Nissar 女士，她给予我宝贵的机会，让我能够开展这项关于斯利那加市车载自组织网络协议的分析与设计的精彩项目。这个项目也帮助我进行了大量研究，让我了解到许多新事物，我对此深表感激。其次，我还要感谢我的父母和朋友，他们在有限的时间内为我完成这个项目提供了很大帮助。

Furqan Yaqub Khan
IT/03/15 第八学期 技术学士，
信息技术 斯利那加国家理工学院

摘要

车载自组织网络（VANET）是移动自组织网络的一个子类，是一种车辆间以及车辆与基础设施之间进行通信的环境。在这种环境中，节点充当服务器和/或客户端，以交换和共享信息。VANET 具有一些独特特征，例如高动态拓扑、频繁断连、受限拓扑等，因此需要专门的路由协议。为了仿真 VANET 场景，我们需要两类仿真器：用于生成交通流量的交通仿真器和网络仿真器。在本项目中，我为按需距离矢量路由协议、目的序列距离矢量路由协议和动态源路由协议创建了一个 VANET 示例场景。我使用 SUMO 生成交通移动性文件，并使用 NS-3 在由交通仿真器 SUMO 创建的移动性文件上测试路由协议的性能。

目录

目录.III 表目录.IV 图目录.V

1. 引言 1
1. 车载自组织网络.1 2. NS-3.3 3. 协议.3

2. 文献综述 6
1. SUMO：贡献者与参与者.6 2. NS-3 与车载自组网协议.9

3. 理论 2 2
1. 单播、多播和广播.22 2. 主动式、反应式和混合式协议..... 23 3. 下一跳选择的分类.24 4. 路由协议的类型.27

4. 方法论 45
1. NS-3 仿真建模方法..... 45 1. 代码部分.46

5. 结果和比较 50
1. 结果.2. 比较.52

6. 结论与未来工作.56

7. 参考文献.58

插图目录

序号 主题 页码 o

1. 网状网络.46 2. 按需距离矢量路由协议.46 3. 动态源路由协议.47 4. 目的序列距离矢量路由协议.47 5. DSDV路由表.48 6. 斯利那加市的 OSM地图.48 7. POLY文件代码.49 8. 结果与比较.50 9. 网状网络结果.50 10. DSDV结果.50 11. AODV结果.51 12. DSR结果.51 13. 仿真（AODV 与 DSDV）.53 14. 仿真时间与吞吐量.54 15. 平均吞吐量.54

表格目录

序号 主题 页码 1) SUMO（贡献者与参与者）..... 6 2) 仿真参数设置.45 3) DSDV 仿真数据.52 4) DSR 仿真数据.52 5) AODV 仿真数据.53

第 1 章 引言

如今，车载自组织网络（VANET）是推动智能交通系统（ITS）发展的前沿领域之一。VANET 是移动自组织网络（MANET）的一种特殊形式。移动自组织网络由通过无线链路连接的移动节点组成，是一种可自行配置的网络；而 VANET 则是分布式、自组织的通信网络。利用移动汽车作为节点来构建移动网络的技术称为 VANET。在这种网络中，节点的移动受到道路走向、周围交通状况及交通法规等因素的限制。VANET 的主要目标是保障道路安全，并提供电子邮件、音频／视频共享等增值服务。

1. 车载自组织网络

过去十年间，移动通信技术通过让不同设备能够随时随地进行通信，改变了汽车工业。这种便捷的通信方式使设备能够在行进途中交换有价值的信息。实时、无缝的信息交换已成为该行业的一种新范式。与此同时，信息技术和通信领域的进步也为移动设备之间的通信理念提供了有力支持 [5]。在这些进步中，车载自组织网络（VANET）的概念逐渐受到关注，为利用安全应用开辟了新的可能。VANET 是一种以自组织方式创建的网络，不同的移动汽车及其他连接设备通过无线介质相互连接，并交换有用信息。车辆和其他设备在同一时刻组成一个小型网络，并作为网络中的节点运行。节点所拥有的信息会传输给所有其他节点。同样，各节点在传输各自的数据后，也会接收其他节点传输的数据。在汇集所有这些数据后，节点会从中生成有用信息，再将这些信息传输给其他设备 [2][4]。设备之间的通信以这样的方式扩展，

节点可以自由加入或离开网络，也就是说，这是一个开放网络。如今投放市场的新车都配备了车载传感器，使车辆能够轻松加入并接入网络，从而利用车载自组织网络的优势。

车载自组织网络是移动自组织网络（MANET）的一种变体。移动自组织网络由节点组成，这些节点无需借助中心网络即可进行通信，并且配备了网络通信能力。另一方面，车载自组织网络已发展成为移动自组织网络中更具挑战性且更可靠的一类或变体。在车载自组织网络中，节点可自由加入或离开网络，因此需要采用不同于移动自组织网络的路由协议。

这种车间通信能够传递和接收信息，从而提高交通效率、检测道路状况、减少碰撞、发现紧急情况，并全面提升网络效率。车载自组织网络还可借助多跳将信息传输至较远的设备 [6]。

车载自组织网络可由以下因素加以表征：

1. 动态拓扑——车辆的速度和方向不断变化，因此形成高动态拓扑。2. 间歇性连接——设备之间的连接变化非常频繁，例如，两个交换信息的设备之间的连接可能随时中断。频繁断连的原因是高动态拓扑。3. 移动模式：大量车辆按照某些特定模式行驶，这些模式通常取决于交通信号灯、限速、高速公路、街道、道路状况等。观察这些模式有助于创建车载自组织网络的路由协议。4. 无限的电力与存储：假设车载自组织网络中的节点能够拥有无限的电力和存储容量。因此，节点可以自由交换数据，而不必考虑功耗或存储浪费。

车载传感器：车载自组织网络假设节点很少配备车载传感器，这些传感器能够向其他设备或节点传输信息。

2. NS-3

NS-3 是一种工具，可通过编写 C++ 或 Python 脚本，在一台计算机上模拟真实世界的网络。通常，如果我们想要使用各种参数进行实验，以了解网络的运行情况，就需要大量计算机和路由器来构建不同的拓扑结构。但我们没有足够数量的计算机和路由器。即使拥有这些资源，出于实验目的构建这样的网络也非常昂贵。

因此，为了克服这些缺点，我们使用了 NS-3。它是一款用于互联网的离散事件网络模拟器。NS-3 可以帮助创建各种虚拟节点（即现实生活中的计算机），并借助各种辅助类，允许我们为节点安装设备、互联网协议栈、应用程序等。

使用 NS-3，我们可以在节点之间建立点对点、无线、载波侦听多路访问等连接。点对点连接与两台计算机之间的局域网连接相同。无线连接与多台计算机和路由器之间的 Wi-Fi 连接相同。载波侦听多路访问连接与计算机之间的总线拓扑相同。建立连接后，我们尝试为每个节点安装网络接口卡，以实现网络连通性。

在设备中启用网卡后，我们会为信道（即现实世界中用于发送数据的路径）添加不同的参数，例如数据速率、分组大小等。接下来，我们使用应用程序生成流量，并通过这些应用程序发送数据包。

3. 协议

无线网络可分为基础设施网络和无基础设施网络。在基础设施网络中，通信通过接入点进行。接入点充当其通信范围内各节点的路由器。而在无基础设施网络中，也称为自组织网络，节点充当路由器。移动自组网络（MANET）是一种自组网络，其中节点可以改变位置。

MANET 中的路由协议大致分为三类：主动式协议、反应式协议和混合式协议。主动式协议也称为表驱动协议，会在每个节点的路由表中维护路由信息。主动式路由协议包括目的序列距离矢量（DSDV）路由协议。反应式协议包括按需距离矢量路由协议（AODV）和动态源路由（DSR）。

A. 按需距离矢量（AODV）

AODV 是按需路由与距离矢量路由的结合，即逐跳路由方法。当某个节点需要获知到特定目的节点的路由时，就会创建一个路由请求。随后，该路由请求由中间节点转发，这些中间节点还会为自身创建一条到该目的节点的反向路由。当请求到达一个拥有通往目的节点路由的节点时，该节点会再次创建一个应答，其中包含到达目的节点所需的跳数。所有参与将该应答转发至源节点的节点，都会创建一条通往目的节点的正向路由。从源节点到目的节点，由每个节点创建的这一路由是逐跳状态，而不是像源路由那样的完整路由。

B. 目的序列距离矢量协议（DSDV）：DSDV 是一种逐跳距离矢量路由协议，要求每个节点定期广播路由更新，其设计基于经典的贝尔曼－福特路由算法理念 [2]。每个节点都维护一张路由表，列出到达每个可达目的节点的“下一跳”、到达目的节点所需的跳数，以及由目的节点分配的序列号。序列号用于区分过期路由和新路由，从而避免环路形成。站点会定期向其直接相邻的邻居节点发送路由表。如果自上次发送更新以来路由表发生重大变化，站点也会发送路由表。因此，更新既由时间触发，也由事件触发。路由表更新可以通过两种方式发送：“全量转储”或“增量更新”。

C. 动态源路由协议（DSR）： DSR 是一种简单高效的协议，专为多个移动节点构成的无线自组织网络而设计。它允许节点动态发现一条源路由，以跨越多个网络跳数，抵达自组织网络中的任意目的节点。随后发送的每个数据包都会在报头中携带一份完整且有序的节点列表，列出数据包必须经过的节点，从而使分组路由天然避免环路，并免去对数据包转发所经中间节点的最新路由信息的需求。每个数据包的报头中都包含这条源路由，因此，转发或监听到任意数据包的其他节点都可以轻松缓存这条路由信息，以备将来使用。

第二章

文献综述

1. SUMO

1.1 贡献者与参与者

Org.	Name	主题 / 贡献
zaik	Christian Rössel	初始微观仿真核心; 初始检测器实现
DLR	Peter Wagner	模型、组织、精神 lead
	Daniel Krajzewicz	所有内容
	Julia Ringel	交通信号灯与 WAUT 算法
	Eric Nicolay	全部
	Michael Behrisch	全部
	Yun-Pang Wang	用户分配
	Danilot Teta Boyom	车载通信 模型（已从 源节点)
	Sascha Krieg	
	Lena Kalleske	
	Laura Bieker	测试、Python脚本

	Jakob Erdmann	网络导入，NETEDIT。
	Andreas Gaubatz	
	Maik Drozdzynski	
吕贝克大学	Axel Wegener	TraCI 发起者
	Thimor Bohn	TraCI
	Friedemann Wesner	TraCI
	Felix Br ack	
	Tino Morenz	
	Christoph Sommer	TraCI 与 Veins 的合并，订阅接口、杂项。
	David Eckhoff	TraCI ，确定性仿真行为
	Falko Dressler	TraCI
 	Tobias Mayer	交通模型抽象，智能驾驶模型模型端口

柏林洪堡大学	Matthias Heppner	单元测试
	Piotr Woznica	ACTIVITYGEN
	Walter Bamberger	开发 ACTIVITYGEN，将其作为评估信任场景的基础在车载自组织网络中。这项工作是项目 Fidens：信任协作系统之间采用可信概率知识处理技术的车载网络。
印度理工学院孟买分校，印度	Ashutosh Bajpai	randomDepart.py，一个 Python 用于生成真实交通流模式的脚本指数模式分布。
	Enrico Gueli	TraCI4J
	Leontios Papaleontiou	SUMO 流量建模器
	Karol Stosiek	文档，网络构建

表 - 1

2. NS-3 与车载自组网协议。

Chia-Chen Hung 等人（2008年）分析并阐述了智能交通系统（ITS）这一全球性倡议项目，该项目利用新颖的信息与通信技术服务于交通基础设施和车辆。在 ITS 的众多组成部分中，高效的通信系统发挥着最重要的作用，连接 ITS 项目中的众多车辆、路侧基础设施和管理中心。本文提出了一种新的异构车载网络（HVN）架构，以及一种适用于 HVN 的移动模式感知路由（MPARP）。HVN 将无线城域网（WMAN）与车载自组织网络技术相结合，兼具 WMAN 覆盖范围广和车载自组织网络数据速率高的优势。HVN 中的车辆能够彼此通信，并可随时随地访问互联网。

T. Nisha Devi 和 Adiline T. Macriga（2010年）介绍了当今通信行业的发展重点：在不改变现有基础设施的情况下，更加专注于实时信息传输，因此需要一个整合所有网络接入的统一融合平台。下一代系统支持多模、多接入和可重构设备，以实现异构网络之间的互操作。网络选择以用户为中心，并依据带宽、成本、安全级别、掉话概率等多个服务质量（QoS）参数，选择合适的网络。所提出的算法使用距离函数，根据多项用户偏好和兴趣程度，生成特定区域内各种接入技术（即网络）的排序列表。此外，还通过加权距离函数，依据用户偏好对少数参数赋予优先级，以实现更进一步的定制。

Benslimane Abderrahim 等人（2011年）提出，将基于 IEEE 802.11p 的车载自组织网络的高数据速率与 3GPP 网络（如 UMTS）的广泛覆盖范围相结合，并设想了一种 VANET-UMTS集成网络架构。在该架构中，车辆根据不同的相关指标动态组成簇。

从这些簇中选出数量最少的一组车辆，配备 IEEE 802.11p 和通用陆地无线接入网接口，作为车载网关连接车载自组织网络与 UMTS。研究解决了网关选择、网关通告与发现，以及网关之间的服务迁移问题（即服务中的网关不再处于最优状态时），并提出了一种自适应移动网关管理机制。研究人员使用 NS2 进行了仿真，以评估采用所提机制的设想架构的性能。

Mohamad Yusof Darus 和 Abu Bakar Kamalrulnizam（2011年）研究了车载网络（车载自组织网络）中的一些拥塞控制算法。研究进一步揭示了其中一些拥塞控制算法的优缺点，可帮助研究人员解决车载自组织网络中固有的拥塞问题。本文还提出了未来研究计划，即在解决拥塞问题的同时，传播事件驱动安全消息的单优先级机制。

Kalyani B. Amit（2012年）分析了一种异构网络框架，该框架旨在实现不同网络技术之间的无缝连接和数据传输。此框架提供了具备服务质量的无缝异构网络架构。无线通信异构网络有望整合大量不同的无线技术，这被视为迈向普遍无缝接入的重要一步。实现无缝移动性的主要挑战之一，是能否提供可靠的水平（系统内）和垂直（系统间）切换方案。

Singhal Manav 和 Shukla Anupam（2012年）曾提出，通过安卓手机上的 Google 网络服务和 Walk Score Transit API 实现基于位置的服务，从而根据用户的位置为其提供多种服务。基于位置的服务为移动用户带来诸多优势：用户可以获取当前位置的信息，并处理这些数据，以获得附近更有用的信息。借助手机中的辅助全球定位系统以及通过通用分组无线业务使用网络服务，

基于位置的服务可以在基于安卓的智能手机上实现，从而提供以下增值服务：向客户告知当前交通状况、提供路由信息，以及帮助他们查找附近的酒店。

Sharma Manish 和 Gurpadam Singh（2012年）讨论了多种自组织路由协议，包括反应式、主动式和混合式协议，并在真实车载自组织网络场景中考虑了速度、高度、移动性等参数。研究使用 Qualnet 仿真工具，对 IEEE 802.11（介质访问控制）和 IEEE 802.11（DCF）标准下的按需距离矢量路由协议和 DYMO（反应式）、优化链路状态路由协议（主动式）以及区域路由协议（混合式）进行了比较。由于 IEEE 802.11 涵盖物理层和数据链路层，因此这些协议在上述层中的性能有助于为高速移动性场景选择合适的协议。车载自组织网络的参数变化表明，在真实交通场景中，主动式协议在 IEEE 802.11（介质访问控制）和 IEEE 802.11（DCF）下表现更高效。

Muhammad Rizwan Arshad 等人（2012年）研究了车载自组织网络（VANET）中的 WiMAX 和 Wi-Fi，并据此评估最适合 VANET 的服务提供商技术。在 VANET 中，节点移动速度很快，网络基础设施变化迅速，彼此通信的时间非常短。根据各自的特性，WiMAX 和 Wi-Fi 可用于远距离区域，并在真实模型中进行实际应用。本研究旨在减少消息传递和身份验证的时延，并从 WiMAX 和 Wi-Fi 中找出最合适、质量最佳的服务。

Gadkari .Y Mushtak 和 Sambre .B Nitin（2012年）曾尝试识别与不同车载自组网协议、安全及仿真工具相关的主要问题和挑战。安全与隐私是车载通信得以成功推广和部署的必要条件。车载安全应用在投入实际使用前，应经过全面测试。由于仿真工具简单易用，且

成本低廉，因此相较于户外实验，人们更倾向于使用仿真工具。车载自组织网络日益普及并受到广泛关注，促使研究人员开发准确且逼真的仿真工具。本文对若干公开可用的移动性生成器、网络模拟器和车载自组织网络模拟器进行了综述。

Patel Nikhil 和 Parmar Kiran（2012年）提出了多种用于执行垂直切换决策算法的优化方法，旨在最大限度地提高每位用户所体验的服务质量，并提出了一种选择切换目标网络的方法。未来的无线网络必须能够在多样化的网络环境中协调服务。协调面临的挑战之一是垂直切换，即移动节点在不同类型的网络之间进行切换的决策。传统切换基于接收信号强度比较，而垂直切换必须评估其他因素，例如货币成本、安全、功耗、网络状况和用户偏好。本文提出的方法结合了权重分配和成本因子计算。根据用户偏好和移动终端的功率水平生成各种网络参数的权重，并使用成本函数计算候选网络的成本因子。选择 Qi 最高且成本最低的网络作为切换目标网络。该方法能够通过选择一个接入网络，最大限度地提高用户满意度。

P.Vetrivelan 等人（2012年）提出了多约束实时车载移动性框架（MCRV），其中包含车辆间碰撞规避和交通报告等重要标准。在我们设想的网络架构中，还需要为救护车、消防车和警车巡逻队等特定车辆赋予较高优先级，因为它们在紧急情况下的需求至关重要。因此，我们使用 NS-3 和 SUMO 实现了服务质量机制，以便根据车辆优先级区分服务并提供组通信，同时实现车辆碰撞规避。车车（V2V）和车载设备到基础设施（V2I）通信采用 WAVE 和 WiMAX/UMTS

异构网络通信。根据适当的路由决策，为其通信选择了水平切换和垂直切换。

Bhat .S Vijaylaxmi 和 Shah .N Pragnesh（2012年）研究了车载自组织网络（VANET）中的多跳路由问题。IEEE 802.11p 及其他车载网络标准建议车辆定期广播消息，这些消息称为信标。尽管对 802.11 中的物理层速率自适应进行了深入研究，但这仍是一个尚未解决的问题。由于 802.11 使用随机接入的分布式协调功能（DCF）机制来访问信道，当两个或更多站点想要同时传输数据时，可能会发生碰撞。本文作者提出了一种速率自适应算法，其行为类似于自动速率回退（ARF），但在必要时利用 RTS/CTS 握手来判断是否应更改物理层传输速率。随后，作者将该速率自适应算法的性能与其他知名算法——按需距离矢量路由协议（AODV）和目的序列距离矢量路由协议（DSDV）进行了比较。

Yuvraj Singh（2012年）曾指出，采用适当的设计、部署和管理策略，对于任何无线网络而言，无线电传播都是新兴技术不可或缺的部分。无线电传播具有很强的场地相关性，并且会因地形、工作频率、移动终端的速度、干扰源及其他动态因素而产生显著变化。大尺度路径损耗建模在固定和移动无线电系统的设计中发挥着基础性作用。系统无线电覆盖区域的预测没有统一的标准方法。因此，在搭建系统之前，必须根据信道的基站天线高度增益选择合适的方法，以获得良好的结果。

Mor Annu（2013年）讨论了车载自组织网络（VANET），它是移动自组织网络的一个子类。VANET 是智能交通系统中最先进的技术，可根据 IEEE 802.11p 标准，在车辆之间以及车辆与路侧设备之间提供端到端无线通信。自组织网络中使用的一种重要路由协议是按需距离矢量路由协议（AODV）。该协议是一种基于连通性的反应式协议，

它仅在需要时才搜索路由，因为带宽有限且网络拓扑经常变化。它始终在相邻节点之间交换控制数据包以进行路由。本文作者提出了一种跨层技术，将链路层的信道安全机制应用于 AODV 路由协议，以提高车辆通信的安全性。为降低 AODV 中的数据包时延，作者提出了路由协议（AODV_BD）。该协议降低了 AODV 中的数据包时延，并使路由更加稳定。

Burde Ashwini 和 S. P. Pingat（2013年）重点研究了在车辆从源节点驶向目的节点时，如何利用车载自组织网络技术实现高效的交通管理和路径规划。车载自组织网络技术被用作媒介，在车辆从源节点驶向目的节点的过程中提供更新后的信息。他们还比较了 SA、粒子群优化和 CA算法在交通警报方面的性能。

Sandhu K. Gurveen 等人（2013年）尝试讨论了两种最新的无线技术：Wi-Fi 和 WiMAX。无线网络技术提供了一种解决方案，帮助人们在无法接入有线网络的偏远地区获取信息。无线网络技术消除了距离和地点的限制，改变了人们交流和共享信息的方式。

K. Komala和P. Indumathi博士（2013年）讨论了异构网络（简称HetNet）。HetNet由宏小区、微微小区、毫微微小区、远端射频头和中继器组成。HetNet是一种由各种无线接入技术和功能组成的网络。被称为第四代移动通信技术的下一代移动技术，即第四代移动通信技术，涉及多接入异构无线网络，可为终端用户提供无缝的多媒体服务连接和更高的数据速率。第四代移动通信技术面临多项研究挑战，例如自组织、回传、切换和干扰。本文分析了域内和域间的各种切换机制，并考察了从IEEE 802.11切换到IEEE 802.16e等异构无线技术实现无缝移动性的实验测试平台

。使用网络模拟器（NS-2）对HetNet移动性进行仿真，结果表明，无缝切换能够实现最小丢包和时延，证明了其效率。

Ghonge M. Mangesh 和 Gupta G. Suraj（2013年）介绍了 WLAN、WPAN 和 WiMAX 技术，并从峰值数据速率、带宽、多址接入技术、移动性、覆盖范围、标准化和市场渗透率等方面对这些技术进行了比较研究。他们还对 WLAN、WPAN 和 WiMAX 无线网络进行了详细的技术比较分析。这些网络为偏远且无法到达、采用有线网络不具成本效益的地区提供了信息访问问题的替代解决方案。他们的研究证明，WiMAX 标准的目标并非取代 Wi-Fi 的应用，而是对其进行补充，从而构建无线网络体系。

Md. Humayun Kabir（2013年）介绍了车载自组织网络（VANET）的相关方面。VANET 是一种特殊的无线自组织网络，具有节点移动性高、拓扑变化快的特点。由于其在提高车辆与道路安全、交通效率、便利性以及驾驶员和乘客的舒适度方面潜力巨大，VANET 已成为研究、标准化和开发的活跃领域。车载网络不仅能够提供安全保障和挽救生命的应用，还将成为用户强大的通信工具，并帮助研究人员和开发人员了解和辨别 VANET 的主要特征。

Jain Sapan Kumar 和 Badhe Vivek（2013年）介绍了无线传感器网络与异构网络的区别。在无线传感器网络中，会使用数百个传感器节点。如果网络中各节点的能量、范围和硬件能力各不相同，那么这类网络通常称为异构网络。传感器中的能量是一种稀缺资源，必须对其进行有效管理，

以延长网络的寿命，并设计了一种适用于采用聚类的异构无线传感器网络的安全多跳反应式协议。

Gaur Saurabh Kumar等人（2013年）分析了决定未来车载应用部署所依托网络框架的关键因素。要在不久的将来实现车载自组织网络，需要开展反应式研究。车载自组织网络可用作警报系统。通过该系统，我们能够获知交通拥堵情况。它有助于平衡交通流量，从而缩短出行时间。该系统还可向事故后方车辆的驾驶员广播紧急信号。在发生交通紧急情况时，它也有助于向救护车和交通警察发送消息。

Jaiswal Siddhant和D. S. Adane博士（2013年）提出了一种适用于混合场景的路由算法，即同时具备静态和动态基础设施。该方法采用基于簇的路由，有助于在车辆密度较低的网络中传输数据包。

Tejpreet Singh 等人（2013年）讨论了车载自组织网络。由于节点移动性，车载自组织网络具有高度动态的特性，这种动态特性会导致网络拓扑变化，进而可能影响整个网络的通信和安全。各种攻击都可能影响网络，其中虫洞攻击是一种危害极大的攻击，可能影响车载自组织网络中的通信。这是因为虫洞攻击可能引发拒绝服务攻击、数据篡改、伪装等攻击。本文根据吞吐量、端到端时延和抖动等指标，分析了不同路由协议的性能。分析分两种情况进行：第一种是不受虫洞攻击，第二种是受到虫洞攻击，并检查了虫洞攻击对按需距离矢量路由协议、优化链路状态路由协议和区域路由协议性能的影响程度。

Vishal Kumar 等人（2013年）主要对车载网络的各种潜在应用及其特点和现实世界中的实现方式进行了分类。

车载自组织网络的应用分为以下几类：1）安全导向，2）商业导向，3）便利导向，4）生产性应用。

E Abinaya 和 R Sekar（2014年）提出了一种优化交通交叉口信号控制的构想，该方法利用车载自组织网络（VANET）收集并汇总单辆车辆的实时速度和位置信息。研究采用了一种称为最老作业优先（OJF）的在线算法，以尽量减少交叉路口的时延。研究结果与车辆感应控制方法、韦伯斯特方法和定时信号控制方法进行了比较。

Mathew Ann Bittu 和 Joseph Sumy（2014年）讨论了异构网络。异构网络是蜂窝网络的重要组成部分，可满足日益增长的移动数据需求。由于流量分布不均，一些节点负载较重，而相邻节点的负载可能较轻。节点间的负载不均衡会妨碍网络充分利用其容量并为用户提供更好的服务。因此，网络需要具备负载均衡机制。本文提出了一种负载均衡方案，通过寻找下一条最短路径，将高负载节点的负载转移到负载较轻或空闲的节点。这有助于高效利用节点，节点也能够高效分配资源。

Jaswal Kamini 等人（2014年）研究了用于评估研究工作的网络仿真器选择。根据此前对 OPNET 性能的研究，事实证明，与其他同类工具相比，OPNET 是一种可靠性相对更高、易于理解和使用的网络仿真工具。本文主要研究使用 OPNET 实现 WiMAX 时的性能。OPNET 基于一种称为离散事件系统的机制，这意味着可以按照用户设定的场景顺序对系统中的事件进行建模，从而模拟系统行为。网络采用层次结构进行组织。

Anwer M. Shahid 和 Guy Chris（2014年）调查了若干关键的车载无线接入技术标准，例如 802.11p、P1609协议、蜂窝系统、CALM、移动宽带无线接入、WiMAX、微波、蓝牙和 ZigBee；这些标准为支持安全应用和非安全应用奠定了基础。该调查还使用带宽、易用性、前期成本、维护、可访问性、信号覆盖、信号干扰和安全等多个参数，对这些无线标准进行了分析和比较。最后，研究讨论了这些协议在互操作性方面存在的一些问题。

Mohammed Shafeeq Ahmed（2014年）讨论并阐述了针对 WiMAX 网络的安全解决方案、各种漏洞及可能遭受的攻击。在 IEEE 802.16 中，协议设计期间，安全一直被视为主要问题。然而，IEEE 802.16（WiMAX）的安全机制仍然存疑。WiMAX 是一项相对较新的技术，尚未广泛部署，因此缺乏足够证据来证明现实情境中存在威胁、风险和漏洞。本文探讨了 IEEE 802.16 标准的安全层面，并指出了 WiMAX 物理层和介质访问控制层中两个层面所面临的安全漏洞、威胁和风险。相关威胁适用于 WiMAX 的两个层面。在物理层，干扰攻击可视为一种主要威胁。在介质访问控制层，主要威胁包括窃听管理消息、伪装、篡改管理消息或发起拒绝服务攻击。

Pooja Rani 等人（2014年）调查了多种室内和室外传播模型。在无线通信中，发射器与接收方之间的不同障碍物会吸收功率，从而造成路径损耗并降低信号强度。为计算发射器与接收方之间的路径损耗，人们采用了多种路径损耗模型，例如 Okumura、Hata、COST 231 等。这些路径损耗模型在城市、郊区和农村地区可能会得出不同的结果。这些模型取决于多种参数，例如移动台天线高度、发射机与接收机之间的距离以及基站天线高度。

T.Karthikeyan 和 B. Subramani（2014年）调查了移动自组织网络、无线传感器网络和车载自组织网络中的基于QoS的代理路由算法。自组织网络（移动自组织网络和车载自组织网络）中最具挑战性的任务之一是服务质量（QoS），它由诸多参数决定，例如带宽和时延约束、不断变化的信道条件、功率限制、节点移动性、动态拓扑、分组投递率、端到端时延和连接持续时间。随着无线传感器网络（WSN）对实时应用的需求不断增长，实时关键事件要求采用高效的基于服务质量（QoS）的路由，以便从网络基础设施传送数据。设计此类基于QoS的代理路由协议，在保持能量效率的同时满足关键事件的可靠性和时延保证，是一项具有挑战性的任务。

H .Vishalakshi Prabhu、G.S.Nagaraja（2014年）调查了全球移动运营商、行业专家和研究人员，他们对第四代（第四代移动通信技术）的潜在特性及其实现有着不同的见解。本文对为第四代移动通信技术网络提出的重要服务质量方法进行了综述和分类。分类依据是各协议层所做的工作以及跨层设计（跨层设计）方法。最后，本文介绍了综述结果，其中包括重要发现、局限性，以及关于如何进一步研究以提升第四代移动通信技术网络服务质量的思路。

Anuradha Singh 和 Mintu Singh（2015年）概述了车载自组织网络（VANET）。它是移动自组织网络（MANET）中至关重要的一类，可实现车辆之间以及车辆与路侧基础设施之间的智能通信。这是智能交通系统（ITS）的一种很有前景的方案。应用 VANET 时仍有许多挑战亟待解决。VANET具有高度动态的拓扑结构和受限的移动性，因此传统MANET协议并不适用于VANET。这篇综述旨在概述车载自组织网络及其标准、应用、安全问题和现有的VANET路由协议。

Kshirsagar Suresh Nikhil 和 U. S. Sutar 博士（2015年）阐述了救护车、警车和普通车辆的事故预防与交通信号控制。为此，他们实现了高速公路模型和交叉路口模型，用于管理车辆移动性，并展示车辆到车辆（V2V）以及车辆到基础设施（V2I）之间的实际通信。车载自组织网络技术的安全是最关键的问题之一，因为其信息传输发生在开放接入环境中。多年来，VANET作为提升道路主动安全和预防性安全的潜在技术，受到了越来越多的关注。

Sadek M. Noha 等人（2015年）讨论了智能交通系统（ITS）。近年来，全球各利益相关方对智能交通系统的关注日益增加。ITS 有望大幅提升交通运输系统的效率、安全性、便利性和可持续性。为满足多样化的车载应用需求，本文提出将基于 IEEE 802.11 的车载自组织网络与 LTE 蜂窝网络相结合，并采用移动式车载网关。V2V 通信采用 IEEE 802.11g，车联网通信则采用 LTE。为防止智能交通系统关键上行流量发生分组丢失，本文采用了突发通信技术。研究通过性能仿真评估了该方案在城市车载环境中的可行性，并从数据丢失、数据速率、时延和抖动等方面评估系统性能。结果表明，所提出的多无线接入技术系统性能令人满意，能够满足不同车载应用的需求。

Chib Randeep Singh 等人（2015年）指出，无线电波传播模型对于无线电网络规划、设计以及干扰规划极为重要。对于任何无线网络而言，采用适当的设计、部署和管理策略，是新兴技术实现无线电传播的关键。无线电传播具有很强的场地相关性，其特性会因地形、工作频率、移动终端的速度、干扰源及其他动态因素而显著变化。准确表征

无线电信道，并通过关键参数和数学模型加以描述，对于预测信号覆盖、可实现的数据速率、误码率和天线增益至关重要。研究分析并比较了奥村、Hata 和 COST 231 等宏蜂窝路径损耗模型及其参数。

第三章

理论

路由协议定义了网络中消息的传播处理方式。它定义了如何从消息的源节点到目的节点建立路由。在自组网中，每个节点都负责处理路由，不像具有基础设施的网络那样依赖指定设备。本部分首先介绍路由算法的几种分类方法，其次介绍车载自组织网络中可用的路由协议。最后，将通过表格按照不同的路由技术对算法进行分类，以总结本章内容。在下一节中，我将介绍重要的路由算法。

2.1 单播、多播和广播

这三种通信类型定义了网络中一条传输消息所涉及的节点数量。单播描述发送方与接收方这两个节点之间的通信。多播是指发送方与多个接收方之间的通信。最后，广播是指发送方将消息发送给网络中所有其他节点的通信。在车载自组织网络中，会根据应用程序的类型使用这三种通信方式。环境与娱乐应用通常更多使用单播和多播，因为消息并非与每辆车都相关。另一方面，安全应用主要使用广播通信，以触达网络中的所有节点。单播和多播传输需要在传输开始前，先在发送方与接收方之间建立通信。自组织网络中缺少路由设备（例如网关），这意味着通信将由从发送方到接收方的一系列跳组成。路径上的每个节点都会转发消息，直到消息到达其目的节点。算法确定这条路径的过程称为路由发现，它是车载自组织网络中大多数单播和多播协议的第一阶段。在此阶段通常会采用广播方法。因此，即使这

篇论文更侧重于安全应用和广播算法，我们也会介绍一些在第一阶段使用广播技术的单播和多播协议。最后，针对一种新广播算法获得的结果，也可能通过改进路由发现阶段，提高单播和多播算法的效率。

2.2 主动式、反应式和混合式协议

路由协议可根据不同标准进行分类，从处理网络中路由的方式，到发现这些路由的方式，均可作为分类依据。本节将介绍三种行为模式，它们定义了路由在网络中建立和维护的时机。这三种类型分别是主动式协议、反应式协议和混合式协议，下面将对其进行详细说明。

2.2.1 主动式协议

主动式协议在发送任何数据之前都会使用路由发现阶段。实际上，通过在网络中传输周期性的路由信息，路由会被持续计算并更新。每当节点想要传输数据包时，仅当已建立通往目的节点的路由后，数据包才会被发送。否则，数据包将一直在队列中等待，直到找到路由。在像车载自组织网络这样高度动态且可扩展的网络中，这类协议难以维护。因此，它们需要传输大量路由信息，从而显著增加带宽消耗。相应地，主动式协议并不是最适合车载自组织网络的协议。本章后文将详细介绍主动式协议的示例，即目的地序列距离矢量（DSDV）。

2.2.2 反应式协议

对于反应式协议，只有在需要通过网络发送数据包时，才会启动路由发现阶段。如果找到路由，就会通过定期发送路由维护数据包来维护该路由，直到目的节点不可达为止。与主动式协议相比，反应式协议的开销较低，但由于每次需要发送数据包时都会启动路由发现阶段，端到端时延会更加显著。因此，

在传输要求端到端时延较低的车载自组织网络中，反应式协议也存在一些不便之处。本章稍后将详细介绍反应式协议的示例，如按需距离矢量自组织协议（AODV）和距离矢量路由（DSR）。

2.2.3 混合式协议

混合式协议通过结合主动式协议和反应式协议的特性，旨在弥补主动式协议的开销以及反应式协议的端到端时延。在大多数车载自组织网络的混合式协议中，网络中的每个节点都会广播其路由信息（使用信标消息）。因此，节点会根据信标创建并维护邻居表。当需要发送数据包时，系统便会初始化路由发现，并利用邻居表更快地找到目的节点。混合式协议最初用于处理移动自组织网络（MANET）等动态网络，随后经过修改以适应车载自组织网络的高速性和可扩展性。区域路由协议（ZRP）和临时有序路由算法（TORA）等混合式协议的示例将在本章后文中详细介绍。

2.3 下一跳选择的分类

在 MANET 和 VANET 的路由协议中，路由发现阶段会采用不同的方法来选择路由中的下一个节点（称为下一跳）。实际上，下一跳的选择取决于所用方法所依据的多种标准。我们区分出八种下一跳选择方法：最远节点、最佳链路质量、最具需求节点、基于概率、骨干节点、随机方法、基于计数器的方法和到均值距离。这些方法不一定彼此独立，下面将逐一说明。

2.3.1 基于距离

基于距离的技术是根据当前节点与最靠近目的节点的节点之间的距离来选择下一跳。这种技术既可以依赖节点的地理位置（尤其是在车载自组织网络中），也可以依赖网络拓扑。许多算法在路由

发现阶段采用这种技术，该阶段称为贪婪转发。在贪婪转发中，每个节点都会选择地理位置上最靠近目的节点的下一跳（这种技术称为最远节点选择）。在目的节点位置未知的广播路由协议中，每个节点都会选择传输范围内距离自身最远的节点，因为较近的节点应该已经收到消息。最远节点选择也可以采用这样的方式：每个节点自行决定是否转发消息，方法是比较其与前一跳之间的距离，并将其与阈值进行比较。本章详细介绍的地理路由中包含了采用贪婪转发和最远节点选择的路由协议示例。

2.3.2 最佳链路质量

根据链路质量选择下一跳意味着要考虑实际的信道条件。这种选择可能依据与下一跳之间的距离、从信标数据包中获取的接收功率或其他信道标准。由于需要经历信息收集阶段，这类协议可能会增加端到端时延。然而，与忽略信道条件的最远节点选择相比，它表现出更高的可靠性。

2.3.3 最具需求节点

最具需求节点方法根据节点在图中的位置或其对先前消息的反应时间，对网络中的特定节点赋予优先级。其理念是将消息传递给最关注该消息的节点。这类方法主要用于车载自组织网络中的警告消息传播，向网络提供安全相关信息。这种选择方式可确保重要数据包送达有需求的节点。然而，识别需求区域会大幅增加计算量，从而增加端到端时延。

2.3.4 基于概率的转发

每个节点都会根据一定的概率转发数据包。这样做是为了减少数据包重广播的次数。指定的概率可以是预先设定的，也可以根据网络密度或节点位置动态调整。这

种方法主要用于某些广播协议，在这些协议中，网络中的所有节点都需要接收消息，因此目标是减少重广播节点的数量。

2.3.5 骨干节点

骨干节点的选择需要考虑网络中基础设施的存在。这些基础设施可以是物理设施，例如某些基于轨迹的路由协议中使用的路侧单元；也可以通过动态组建节点组来创建，并指定其中一些节点负责路由（如基于簇的路由算法）。这些基础设施将用于计算到目的节点的路由，或选择下一个转发节点。选择骨干节点的目的是通过仅允许骨干节点传输来降低开销。然而，节点选择需要进行计算，而这些计算应尽可能简单，以保持可靠的端到端时延。

2.3.6 随机方法

在随机方法中，基于发送端的算法会从可用的邻居节点中随机选择下一跳。在基于接收端的算法中，每个节点会随机决定是否转发数据包。这种选择方式无法确保分组交付，因此在路由请求或广播路由中并不可靠。

2.3.7 基于计数器的方法

基于计数器的方法是通过统计节点接收到消息的次数来实现的。当节点收到一条消息时，会设置一段等待时间，然后再转发该消息；如果在这段时间结束前再次收到该消息，就会取消转发。这段设定的时间称为退避计时器，可根据节点位置等参数计算。通常，这种方法可以与其他选择技术（例如基于距离的方法）结合使用，具体形式为退避计时器。基于计数器的方法主要用于地理广播路由协议，将消息传播到所有节点，同时降低开销。

不过，它也可以用于在最先向目的节点转发消息的节点之间建立到目的节点的路由。

2.3.8 到均值距离

到均值距离选择方法可与基于距离的技术相比较，且大多属于基于接收方的方法，即每个节点自行决定是否转发消息。不过，在这里，决策依据是该节点与数据包先前转发节点的空间均值之间的距离。随后，将此值与根据多个参数计算出的阈值进行比较。与基于距离的其他方法（如选择最远节点）相比，该选择方法在可达性、带宽消耗和端到端时延方面表现更好 [1]。因此，本文提出的算法将采用这种下一跳选择方法。下一章节将更深入地介绍基于该技术的算法。

2.4 路由协议的类型

既然已经区分出三种通信类型，基于这些通信类型的路由协议便可分为六类：基于拓扑、基于位置、基于簇、基于地理广播、基于轨迹以及基于地理位置的路由。所有这些类别均根据传输的消息如何传递至目的节点进行划分。

2.4.1 基于拓扑的路由

基于拓扑的路由包括为网络中的每个节点建立和维护路由表。这意味着网络中的每个节点都知道到达其他节点的路径。由于车载网络具有高度移动性且可扩展性有限，这类协议并不适用于车载自组织网络。当网络拓扑不断变化时，维护此类表格十分困难。不过，某些协议对这类协议进行了改进，使其在车载自组织网络环境中更加高效。

2.4.1.1 按需距离矢量路由协议

按需距离矢量路由（AODV）是一种邻居感知协议，因为每个节点都会使用信标问候消息跟踪其邻居节点。AODV也是一种反应式路由协议，因为只有当节点要发送数据包时，才会启动路由生成。随后，路由请求（RREQ）会发送给邻居节点，并在网络跳邻居之间传播，以寻找通往目的节点的路径。接着，路由回复（RRep）会沿反向路由返回源节点。AODV会检查这些路由是否存在环路，并从中找出最短路径。之后，每个节点都会在表中存储到目的节点的下一跳信息。它还可以通过处理错误来创建新路由或修改现有路由。AODV是无线网络中最常用的协议之一，因其具有可行性；然而，它并不适合应对车载自组织网络中的高移动性和可扩展性问题。因此，车载自组织网络中使用的许多协议都是基于AODV改进而来，以更好地满足车载自组织网络的需求。最后，AODV通过建立到目的节点的路由来支持单播和多播；但在车载自组织网络中发送警告消息时，只需要广播。

2.4.1.2 蚁群优化多播按需距离矢量路由

基于蚁群优化的AODV多播（MAV-AODV）以按需距离矢量路由协议为基础，是一种仿生算法。MAV-AODV 基于蚁群，利用节点的移动性信息构建多播树并维持其生命周期。该协议通过周期性信标维护邻居表，以获取移动性信息。随后，利用节点位置和最佳链路质量下一跳选择机制，对按需距离矢量路由协议的请求响应阶段进行改进。

2.4.1.2 优化链路状态路由协议

优化链路状态路由（OLSR）协议是一种主动式协议，因为它会根据节点定期交换的拓扑信息创建并维护路由表。随后，邻居节点会将某些节点选为多点中继（MPR）。这些节点会定期广播信息，并用于建立从某个节点到目的节点的路由。与 AODV 一样，在车载自组织网络中维护路由表并不高效，因为网络状态瞬息万变，而且还会造成

带宽消耗。此外，OLSR 还提供单播和多播功能，而这些功能对于车载自组织网络中的警告消息传播并非必需。

2.4.1.3 目的序列距离矢量路由协议

目的序列距离矢量协议（DSDV）采用路由表方案，根据贝尔曼-福特算法计算路径。贝尔曼-福特算法是图论中的一种算法，用于在加权有向图中求出从单个顶点到其他顶点的最短路径。该算法的主要用途是避免路由环路问题。

2.4.1.4 动态源路由协议

与按需距离矢量路由协议（AODV）类似，动态源路由（DSR）会在节点想要发送消息时启动路由发现操作。但与按需距离矢量路由协议（AODV）不同，完整路由会保存在表中并维护一段时间。同样，路由请求通过泛洪生成，而不是使用维护的邻居表。此外，每个节点都负责等待来自下一跳的接收确认。在收到确认之前，它会持续发送数据包，直到达到设定的最大阈值。

2.4.1.5 临时有序路由算法（TORA）

临时有序路由算法（TORA）与动态源路由协议（DSR）类似，但除了路由发现阶段外，该协议还提供路由擦除阶段。借助第一个阶段，每个节点都会构建并维护路由表。随后，节点能够检测网络分区；在这种情况下，它们会发送清除数据包来触发擦除阶段，从而删除无效路由。

2.4.1.6 鱼眼状态路由协议（FSR）

鱼眼状态路由协议（FSR）使用泛洪广播在网络中传播数据包。随后，根据这些消息中包含的最新位置信息，每个节点都会构建并维护拓扑表，以便建立路由。

2.4.1.7 区域路由协议

在区域路由协议（ZRP）中，每个节点的邻域由一个根据传输范围确定的区域界定。对于该区域内的节点，路由会以反应式方式发现。然而，

若要向传输区域之外的节点进行传输，则会向其他区域发送路由请求。区域路由协议（ZRP）是一种介于基于拓扑和基于簇之间的混合协议，因为节点被分组到各个区域中。但在基于簇的路由算法中，会设计一个簇头来处理簇内和簇外的所有路由。

2.4.1.8 MAR-DYMO

移动性感知蚁群优化路由（MAR-DYMO）是将蚁群优化（ACO） [20] 融入移动自组织网络（MANET），并与动态移动自组织网络按需路由（DYMO）协议相结合的一种方案。DYMO 是 AODV协议的后继协议，其基于相同原理，通过邻居节点间的多跳传播，直至到达目的节点。蚁群优化采用若干原理，其中之一是利用信息素为路由评分，以提高可靠性。在 MAR-DYMO 中，路由请求路径上会添加更多信息素。随后，如果路由回复经过同一路径，则会添加更多信息素。之后根据信息素密度选择路由。此外，信息素会随时间挥发，并由传输的数据包补充，以便在需要时维护和修改路由。MAR-DYMO 还采用运动图框架来预测节点邻居轨迹。与 DYMO 相比，它采用非周期性 HELLO消息发送方式，并减少带宽消耗。

2.4.1.9 QoSBeeVANET

服务质量蜂群路由协议（QoSBeeVANET）是一种基于拓扑的单播路由协议，其设计灵感源于蜂群。在该协议中，第一阶段即路由请求（RReq）阶段采用随机广播实现。这意味着网络中的每个节点都会被赋予一个随机或确定的转发消息概率。这种广播方式有助于减少带宽消耗。目的节点一旦收到消息，就会向源节点发送路由回复（RRep），并将路由信息存入路由表，其中包括：下一跳、到达目的节点前的跳数，以及跳数。该算法通过定期向邻居节点发送数据包来维护路由；如果检测到节点缺失或服务质量下降，

（例如带宽消耗过高或端到端时延过长），就会通知所有受退化路径影响的其他节点。所有出错节点都会被移除，并启动新的路由发现阶段。总的来说，由于发送的数据包数量较多，该算法很容易造成网络泛洪，尤其是在发生错误时（例如节点缺失或未满足服务质量要求）。

2.4.1.10 HyBR

混合蜂群路由（HyBR）[23] 旨在克服 QoSBeeVANET 面临的缺点。HyBR 同样旨在实现单播和多播路由，并根据网络密度采用两种路由方式：密度较高时采用基于拓扑的路由，密度较低时采用基于地理位置的路由。基于拓扑的路由中，路由请求和路由回复的执行方式与 QoSBeeVANET 中相同，其中路由请求采用随机洪泛。随后，路由回复沿已发现的路径返回目的节点，并存储在表中。

基于地理位置的路由采用最短节点算法。通过执行广播洪泛来确定到目的节点的所有路由。然后逐跳选择路由，每一跳都选择与目的节点跳数距离最近的节点。该算法所得结果与按需距离矢量路由协议和 GPSR 的结果相近。

2.4.1.11 Datataxis

Datataxis 是一种基于拓扑的单播路由协议，其灵感来自生物系统的行为：大肠杆菌（自然免疫系统中的一种活跃成分）。Datataxis 旨在城市环境中收集元数据（如位置、时间戳等）。随后，有人提出使用 MobEyes 协议扩散这些数据。Datataxis 首先估算每个道路路段的元数据密度，然后发送多智能体系统，使其能够在节点之间移动以收集这些数据。该协议主要用于分布式监控，例如警车的监控。因此，我们不再对此作进一步详细介绍。

2.4.1.12 MURU

城市车载自组织网络多跳路由是一种基于拓扑的路由协议，旨在支持单播和组播通信。该协议基于按需距离矢量路由协议，但它使用预期断连度（EDD）而非跳数来寻找通往目的节点的最优路径。EDD 根据链路的分组错误率（PER）计算。PER 是跳距的函数，而 EDD 是链路断裂的概率，因此主要取决于跳距。EDD 还独立取决于预测速度、运动轨迹和车辆位置。需要指出的是，论文将车辆的移动性近似为一阶马尔可夫链。马尔可夫链定义了一种随机过程，其中未来状态的条件概率分布仅取决于当前状态。除此改进之外，该协议的第一阶段——路由请求广播——受到车辆运动轨迹的限制。该协议表现良好，但在现实场景中，计算 EDD 所需的信息可能难以获取。此外，与其他基于拓扑的协议一样，维护路径拓扑会降低该协议的可扩展性。

2.4.2 基于位置的路由

拓扑型协议缺乏可扩展性和鲁棒性，因此研究人员开始寻找其他类型的路由协议。事实上，在可扩展性很高的网络中，创建和维护路由表可能并不可靠。基于位置的路由协议利用节点的网络位置来决定如何路由消息，是一个新的研究领域。地理广播路由可以被定义为一种基于位置的路由协议，因为它根据地理坐标定义区域，并使节点关注该区域内的消息。

2.4.2.1 GPSR

贪婪周边无状态路由协议 (GPSR) [26] 使用周期性信标消息为每个节点构建邻居表。下一跳选择基于距离，并使用GPS节点位置。GPSR还集成了基于周边路由的恢复策略，以

消除冗余路由。该协议是在车载自组织网络中进行仿真时最常用的协议，因为它具有良好的可达性和端到端时延。

2.4.2.2 AMAR

自适应移动路由（AMAR）与 GPSR 类似，采用贪婪转发技术进行下一跳选择。但除了距离之外，AMAR 还会利用邻居位置、方向和速度来选择下一跳。

2.4.2.3 GYTAR

与此前的协议类似，贪婪交通感知路由（GYTAR）基于贪婪转发选择下一跳。GYTAR 还使用周期性信标来维护邻居表，其中包含位置、速度和方向信息。其次，它根据节点附近的节点密度定义路口。随后，GYTAR 使用该表和路口密度，在邻居节点中选择下一跳。

2.4.2.4 DREAM

距离路由效果移动算法（DREAM）通过本地服务获取每个节点的位置。然后，它计算可能的目的地区域位置，并使用定向泛洪抵达该区域。定向泛洪通过将泛洪图限制在通往目的节点的区域内的节点来实现。

2.4.2.5 LABAR

基于位置区域的自组织路由（LABAR）[27] 通过车联网通信（使用路侧单元）进行骨干网下一跳选择，从而在网络中构建基础设施。随后，LABAR 使用固定骨干节点为移动节点路由消息。为了确定固定节点之间的路由，它采用定向路由，例如按需距离矢量路由协议。

2.4.2.6 ROVER

鲁棒车辆路由（ROVER） [28] 是地理广播路由的一个示例。地理广播路由认为，发送的消息只与特定区域有关。这些

区域称为相关区域（ZOR），并由其全球定位系统（GPS）位置定义。随后，每个数据包都会被分配到一个相关区域，并转发给该区域内的每个节点。每个节点都会利用本地服务确定自己属于哪个相关区域。

2.4.2.7 并行粒子群优化（按需距离矢量路由协议）

车载自组织网络的并行粒子群优化受群体启发，是对按需距离矢量路由协议进行参数化的方法。该方法通过计算车辆应占据的最佳位置和速度，使按需距离矢量路由协议减少其数据包开销和端到端时延，并提高投递率。

2.4.2.8 地理源路由

地理源路由（GSR）使用反应式位置服务（RLS）和数字地图来处理城市区域中的路由。借助 RLS 获取目的节点的位置，并利用网络中的固定节点（交叉路口处的路侧单元），GSR 使用迪杰斯特拉算法计算路口（固定节点）之间的最短路径，并通过贪婪转发传播数据包。

2.4.2.9 连通性感知路由

连通性感知路由（CAR）通过邻居识别来运行，该机制以根据检测到的邻居数量确定的时间间隔发送信标消息。路由请求阶段使用基于最佳链路质量方法选出的锚点。随后，数据包通过贪婪转发方式在这些锚点之间转发。

2.4.3 基于簇的路由

基于簇的路由包括将网络划分为更小的节点组。在每个组中都会选出一个簇头，基本上由一个节点负责处理所有通信，包括簇内节点和簇外节点之间的通信。基于簇的路由的主要目标是通过处理规模较小的连通基础设施网络，提升VANET的可扩展性。不过，这类协议通常使用全球定位系统信息来界定和组织其簇。

2.4.3.1 CBLR

基于簇的位置协议（CBLR）在初始化阶段使用信标Hello消息构建其簇。该操作还用于确定簇头，由簇头构建并维护一个表，其中包含簇内节点以及网络中其他簇头的信息。簇内的信息传播采用贪婪转发技术。簇外的通信首先通过利用其他簇头的信息确定目的节点的位置来处理。

2.4.3.2 CBDRP

基于簇的定向路由协议（CBDRP）根据节点的速度向量（速度和方向）构建簇。随后，路由方式与 CBLR 协议类似。

2.4.3.3 EDCBRP

欧几里得距离簇路由协议（EDCBRP）根据欧几里得距离将网络划分为簇。彼此之间的欧几里得距离低于设定阈值的节点会组成一个组。距离通过节点的全球定位系统信息计算，并由定期发送的 HELLO 消息信标获取。簇内维护拓扑表。与其他簇通信时，会发送路由请求和路由响应，以建立通往目的节点的路由。

2.4.3.4 TACR

信任依赖蚁群路由（TACR）是一种适用于车载自组织网络的仿生路由算法。在 TACR 中，根据网络中移动节点的位置和速度构建簇。簇头由速度最低的节点担任，并优先选择路侧单元，因为其位置固定且具备基础设施网络。簇间通信通过蚁群优化算法实现。该算法向其他每个簇发送路由请求，以检查目的节点是否位于其成员表中。如果是，簇头便不转发路由请求，而是向回发送路由响应。簇内通信则通过使用信标消息维护成员表来实现。

2.4.4 基于轨迹的路由

基于轨迹的路由主要针对城市环境开发，路侧单元部署在道路交叉路口。这类路由协议提出使用由路侧单元组成的固定基础设施，并通过轨迹计算向移动节点传播消息。这类算法通过增加由固定路侧单元传输和接收的多种信息，改进车载设备到基础设施和基础设施到车载设备的通信。因此，密度、平均速度、平均方向等交通统计数据或该区域的数字地图都可以通过车载设备到基础设施的通信进行传输。

2.4.4.1 AMR

自适应消息路由（AMR）算法的主要目标是减少端到端时延。为实现这一目标，该算法根据连通概率和跳数，利用遗传算法构建路由。AMR采用骨干网下一跳选择，通过固定的路侧单元（RSU）在网络中传递消息。该算法计算源节点与目的节点之间的交叉路口，以及基于RSU构建的基础设施网络。

2.4.4.2 IGRP

基于交叉路口的地理路由协议（IGRP）主要用于通过交叉路口路由协议上的遗传优化算法，将数据包从车辆发送到互联网。该算法在各路侧单元之间采用骨干网下一跳选择技术，直到到达互联网接入点。

2.4.4.3 TBD

基于轨迹的数据（TBD）算法利用通过车载设备到基础设施通信传输的车辆密度、移动模式、平均速度和数字地图，评估前往最近路侧单元且端到端时延最低的最佳下一跳。随后，它会将这一时延分享给附近节点，以便它们建立各自通往路侧单元的路径。数据包通过路侧单元网络发送，并由该网络通过传统基础设施网络路由将其传播至目的节点。

2.4.4.4 TSF

基于轨迹的统计转发（TSF）以与TBD相反的方式计算端到端时延，即从固定节点到移动汽车。随后，根据节点与路侧单元之间的最小时延，结合目的节点轨迹计算源节点与目的节点之间的路由。在目的节点的轨迹与网络中的一个路侧单元之间确定一个最优目标点。因此，数据包将通过路侧单元网络转发，以便在目的节点到达的同时抵达该最优目标点。

2.4.4.5 TMS

基于轨迹的多任播（TMS）假设存在一个交通控制中心（TCC），其中包含网络中所有节点的信息（位置和速度）。基于这些信息，每次发送数据包时，TCC 都会确定目的节点的轨迹与由移动节点构建的转发树之间的一个会合点。

2.4.4.6 STDFS

基于共享轨迹的数据转发方案（STDFS）利用路侧单元在网络中传播节点的轨迹。借助这些信息，每个节点都可以计算出与目的节点的会合点，并通过 V2V 通信将数据包传播至目标点。

2.4.5 地理与广播路由

广播路由协议主要用于传输警告信息，或其他与道路上所有车辆相关的数据。然而，这类路由也用于某些多播或单播协议的路由请求阶段，例如路由发现阶段。此类路由的主要目标是跳过路由发现阶段，从而减少带宽消耗，并降低网络中发送的路由数据包数量。

2.4.5.1 混合延迟容忍网络

地理与延迟容忍网络混合式协议（Hybrid DTN）采用贪婪转发，并选择距离最远的节点作为下一跳，以此进行路由发现。然而，如果贪婪转发失败，则会采用周边转发（或右手法则）方法到达目的节点。该方法要求节点以自身为中心覆盖一个逆时针圆，并将数据包转发给在圆内找到的第一个邻居节点。

2.4.5.2 安全环形广播

安全环形广播（SRB）基于最佳链路质量选择。具体而言，它根据接收功率对节点进行分类，以估算接收方节点与上一个广播节点之间的距离。随后，只有距离上一个广播节点处于优选距离范围内的节点才能转发数据包，且可转发多次。该算法基于泛洪技术。不过，根据估算的图级距离，节点可以转发一次或多次。

2.4.5.3 静态到高度移动网络中的无参数广播

静态到高度移动网络中的无参数广播（PBSM）仅检查邻域中的节点是否已接收数据包，然后只将数据包重新传输给尚未接收数据包的节点。

2.4.5.4 边缘感知流行病协议

边缘感知流行病协议（EAEP）使用概率技术来决定是否转发数据包。每个节点都会计算一个时间概率，以决定何时转发数据包。

2.4.5.5 分布式车载广播

分布式车载广播（DVCAST）使用周期性信标维护每个节点的邻居表，以便了解局部连通性。随后，根据每个节点的连通性决定是否转发。DV-CAST 将节点分为两类：连接良好的节点和连接稀疏的节点。对于连接良好的节点，下一转发节点的选择取决于其与发送节点之间的距离。

退避计时器的时长与其和发送节点之间的距离成反比。退避时间较短的节点（距离最远的节点）随后会重广播消息。对于第二类，即连接稀疏的节点，如果某个节点在道路的相反方向上有邻居节点，就会立即重广播；否则，它会保留数据包，直到发现另一个位于道路相反方向的节点。

2.4.5.6 TRADE

轨迹检测（TRADE）协议为节点提供邻居表，并通过周期性信标广播维护该表。节点根据邻居的位置和速度，将其分为三类：同一道路上位于前方、同一道路上位于后方，以及位于不同道路上。然后，节点在前两类中采用最远节点选择技术进行下一跳选择。对于第三类，节点只需向该类别中的所有节点重广播。

2.4.5.7 介质访问控制

媒体访问控制（MAC）协议也使用周期性信标广播来维护每个节点的邻居表。因此，每个节点都会计算自身相对于发送方的方向，以及发送方与其邻居节点之间各节点的相对方向。然后，如果节点的相对方向与数据包方向相对应，该节点就会检查邻居表，判断自己是否更适合转发数据包。此选择基于最远节点准则，并利用此前根据距离和相对方向定义的线段。

2.4.5.8 REAR

接收估计警报路由（REAR）协议基于在消息传播方向上的邻居节点中进行概率性下一跳选择。REAR 要求节点维护邻居表，并且每条已发送的警告消息都包含发送方位置和发送方邻居节点列表。随后，消息传播方向上的每个节点都会计算其接收概率，并等待一段与该概率成反比的退避时间。最先达到退避时间的节点将重广播该消息。

2.4.5.9 GPCR

贪婪周边协调器路由（GPCR）将路口定义为消息已到达的一个节点与另一个位于消息传输范围之外的节点之间的链路。它使用两跳邻居表来确定两个节点之间的路口。具体来说，每个节点发送包含自身位置和邻居节点信息的周期性信标后，都可以构建这样的表。因此，如果某个节点有两个邻居，而这两个邻居的各自邻居表中都没有对方，就意味着该节点位于路口。每个节点都会计算其代表的路口数量，系数较大的节点称为协调器。协调器会通知其他节点其新的角色，并构成网络的骨干网。因此，在广播过程中选择下一转发跳时，会优先选择骨干节点作为下一转发节点。如果没有找到协调器，则采用最远节点法。

2.4.5.10 TDR

面向三维场景的路由（TDR）协议提出了对 GPCR 协议及其升级版本 GyTAR 的改进，使其适用于三维环境。其主要区别在于 Hello 信标的大小，其中包含三个坐标，而不是两个。

2.4.5.11 消息分发多播路由协议

该协议也使用信标广播来维护邻居感知表，而下一跳选择则基于最苛刻节点准则。

2.4.5.12 OAPB

乐观自适应概率广播（OAPB）通过周期性发送信标，为每个节点构建并维护一个两跳邻居表。随后，每个节点根据这些信息计算重广播概率，并创建一个由重广播概率和随机变量共同决定的退避计时器。退避计时器最短的节点将被选为该消息的下一跳。

2.4.5.13 UMB

城市多跳广播（UMB）协议认为，每条消息都应传输至部署在各个交叉路口的路侧单元（RSU），并由其充当中继器。如果有可用的路侧单元，该算法将以反应式方式运行。需要发送消息时，发送方会发出定向中继请求（RTS），其中包含其位置和传播方向。由数据包方向界定的广播区域内的节点会发出信号，信号持续时间与其到发送方的距离以及其传输范围内的干扰信号数量成正比。发出干扰信号持续时间最长的节点（即距离发送方最远的节点）会向发送方发送允许广播（CTB）响应，并被指定为下一跳。此方法可归类为最远节点选择。警告消息发送后，被选中的中继节点会向发送方返回确认（ACK）消息。如果未能做到这一点，或者收到多个允许广播响应，UMB 就会启动恢复算法。

2.4.5.14 SB

智能广播（SB）基于 UMB，但它将最远节点选择方法中的干扰信号替换为一种经典退避计时器，该计时器与发射器之间的距离成反比。因此，下一个中继节点并非像 UMB 中那样是等待时间最长的节点。SB 还通过在两条可能的路由之间随机选择，更好地处理 CTB 碰撞。

2.4.5.15 STAR

一种基于交叉路口的路由协议，使用设置在红灯交叉路口的路侧单元。数据包会沿每条红灯连接的道路转发，并发送给绿灯方向上最靠近目的节点的第一辆车。

2.4.5.16 VanetDFCN

车载自组网累积邻域延迟泛洪（VANETDFCN）是针对移动自组织网络协议 DFCN 的改进版本。它会传输更多有关邻居节点的信息（例如位置），以改进转发节点选择方法。

下一跳选择基于距离：如果接收方与发送方之间的距离超过生存距离，节点将不会转发。此外，数据包必须只接收过一次。根据这些条件，会计算出一个系数，用来表示一个数据包可拆分成多少个 TCP 数据块，并通过所建立的连接进行传输。

2.4.5.17 xChangeMobile

xChangeMobile 是对 VanetDFCN 的改进，新增了一个阈值，用于限定通过连接传输的最小数据块数量。只有能够提供系数高于该阈值的连接的节点，才会被视为转发节点。

2.4.5.18 MOCell

MOCell 路由协议基于遗传算法来改进 xChangeMobile，目标是减少带宽消耗以及 TCP 过程中丢失的数据块数量。

2.4.5.19 RBLSM

生命安全消息可靠广播（RBLSM）也是一种反应式协议：需要发送数据包时，它会发送请求发送并等待允许广播。不过，RBLSM 采用最近节点作为下一跳，而不是最远节点。

2.4.5.20 LW-RBMD

轻量级可靠广播消息传递（LW-RBMD）协议采用最远节点技术，仅利用警告消息的报头传输发送方位置。不过，发送节点会等待重广播消息，并将其视为确认（ACK）。如果未收到确认，发送方将在计时器超时后重新发送数据包。该协议旨在限制网络开销，同时保持较高的可靠性。

2.4.5.21 MHVB

多跳矢量广播（MHVB）是一种广播路由算法，采用最远节点选择技术，并设置经典的反比例退避计时器。不过，MHVB 集成了拥塞检测算法，用于检测邻居数量是否超过某个阈值。在这种情况下，会增大广播间隔，以降低带宽消耗。

2.4.5.22 DTM

距离均值（DTM）算法采用到均值距离作为下一跳选择技术。每个节点通过信标广播维护一张邻居表，并根据邻居数量设定距离阈值。该距离表示到均值距离必须超过的最小值，只有超过该值，节点才会被视为可能的转发节点。该算法最初于2011年提出，在可达性和网络开销方面均优于基于距离的贪婪转发。由于本文以该论文为基础，下一节将对 DTM 进行更详细的介绍。

2.4.5.23 DADCQ

分布自适应距离与信道质量（DADCQ）协议在选择下一跳时，同时考虑距离和最佳链路质量。在此，警告消息还会在报头中传播其邻居表。这样，每个节点都能获取两跳邻域的信息。

2.4.5.24 CSBD

CSBD 是一种采用密度自适应竞争窗口的介质访问控制与网络跨层机制。这意味着，介质访问控制层会直接受到网络层通过地理路由和距离均值启发式获得的信息的影响。[51]。

2.4.5.25 SLAB

统计位置辅助广播（SLAB）采用距离均值下一跳选择方法，而非 DADCQ 中采用的基于距离的方法，从而对 DADCQ 进行了改进。此外，SLAB 还利用机器学习技术改进阈值函数的定义。

2.4.5.26 FLB

基于模糊逻辑（FLB）协议以 DTM 算法为基础，但采用基于模糊逻辑的技术来计算阈值。具体而言，每个节点根据其信息中的多个因素进行分类，例如速度、位置和邻居数量，以及覆盖因子、移动性因子和连通性因子。这种广播节点选择方法的改进，在每个被覆盖节点的重广播次数方面，效果优于 DTM。

2.4.5.27 BEFLAB

面向车载自组织网络的带宽高效模糊逻辑辅助广播（BEFLAB）与 FLB 类似，采用基于模糊逻辑的基于接收端的重广播节点选择方法。此处根据移动性因子和覆盖因子这两个因素对每个节点进行分类。随后，模糊规则表决定节点是否进行重广播。与 FLB 不同，BEFLAB 不使用距均值距离启发式方法，而仅采用模糊技术。

2.4.5.28 IHAB

车载自组织网络的智能混合自适应广播（IHAB）基于 FLB 和 BEFLAB。具体而言，IHAB 首先利用两跳邻居信息计算节点潜在传输密度（PTD），然后选择使用 FLB 还是 BEFLAB。当网络被判定为稠密（PTD 高于阈值）时，IHAB 将选择使用 BEFLAB；当网络被判定为稀疏（PTD 低于阈值）时，IHAB 将选择使用 FLB。

第 4 章

方法论

研究人员已在 NS-3 上开展仿真，基于各种性能指标对目的序列距离矢量路由协议（DSDV）、按需距离矢量路由协议（AODV）和动态源路由协议（DSR）等路由算法进行比较和分析。然而，在 Ubuntu Linux 操作系统上使用 NS-3 对两种经典移动自组织网络路由协议类型——主动式和反应式——进行性能比较与分析的研究仍很少。本项目报告中介绍的流程和仿真结果将帮助车载自组织网络研究人员和设计人员更高效地调整系统，以满足特定需求。

NS-3 仿真建模方法

要建立 NS-3 仿真，需要包含 core-module.h 和 network- module.h 等多个类。这些类及其详细说明可在 NS-3应用程序接口中找到。此外，NS-3 使用 C++ 和 Python 语言，并且需要遵循若干仿真步骤才能启动任何 NS-3 仿真。

3.1.1 仿真参数设置。

Simulation Parameter Setup

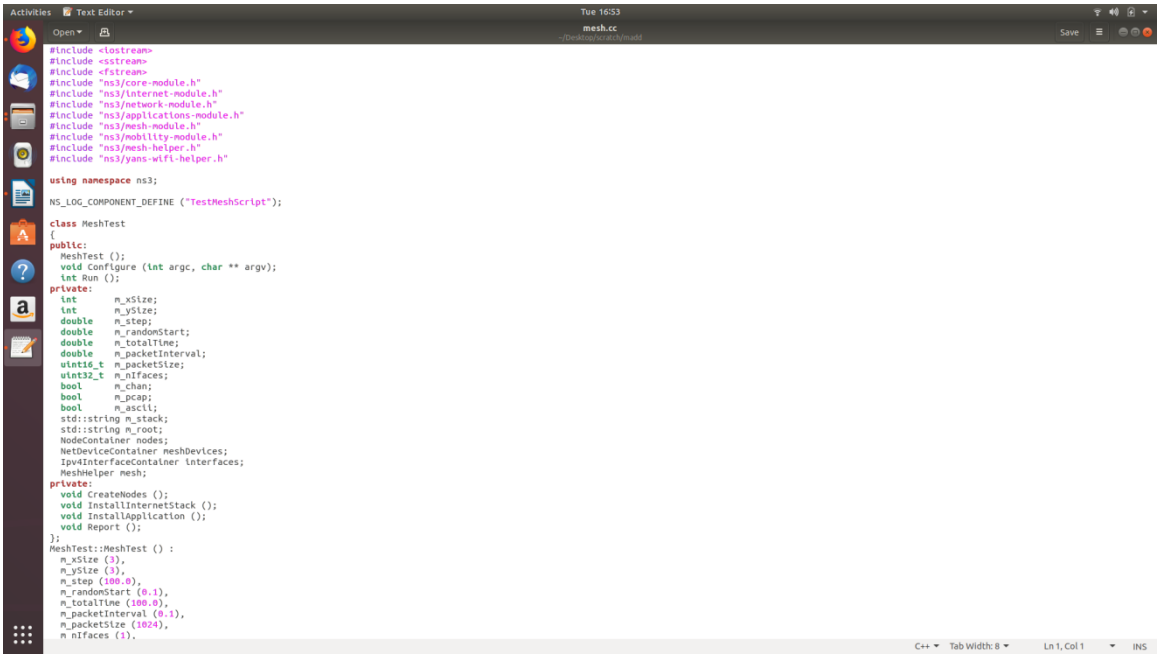
Description	**Parameters**
Channel/Wireless channel	Channet Type
Propagation	Radio-Propagation Model
Phy/Wireless Phy	Network Interface Type
Mac/802.11	MAC Type
Queue/Droptail/Priqueue	Interface Queue Type
LL	Link Layer Type
Antenna/OmniAntenna	Antenna Model
50	Max Packet
100	Number Of Mobile Nodes
AODV,DSR,DSDV	Routing Protocol
867	Topographical Dimention
561	Topographical Dimention
25s,50s,75s,100s,125s,150s,175s,200s.	Time Of Simulation

表-2

代码部分

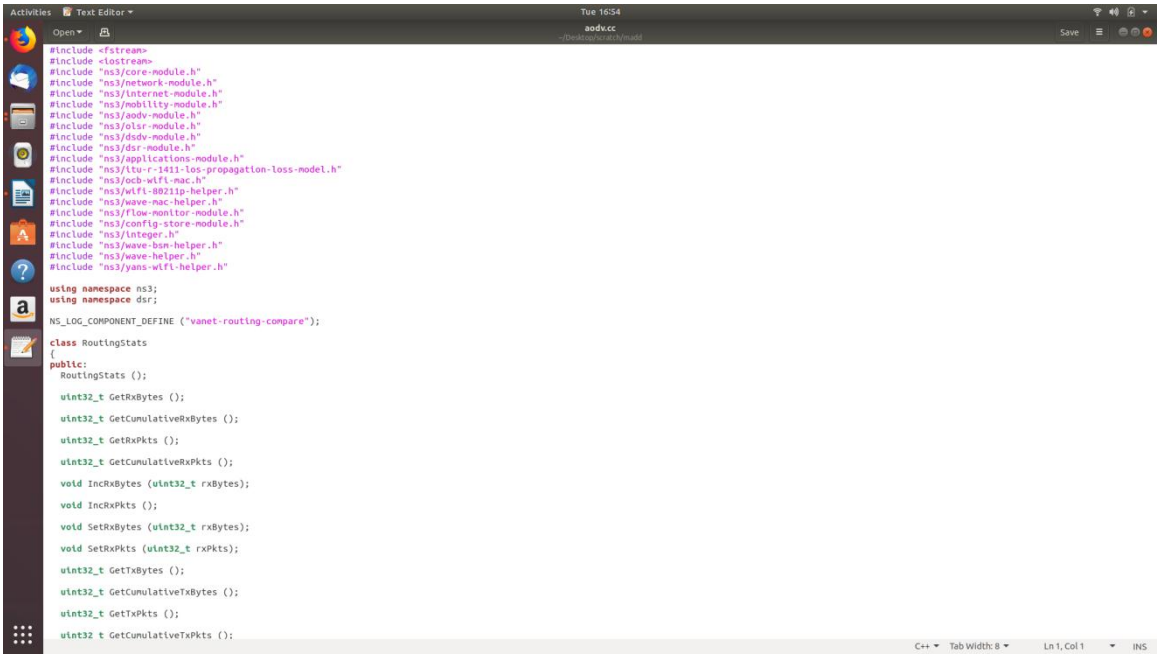
代码片段

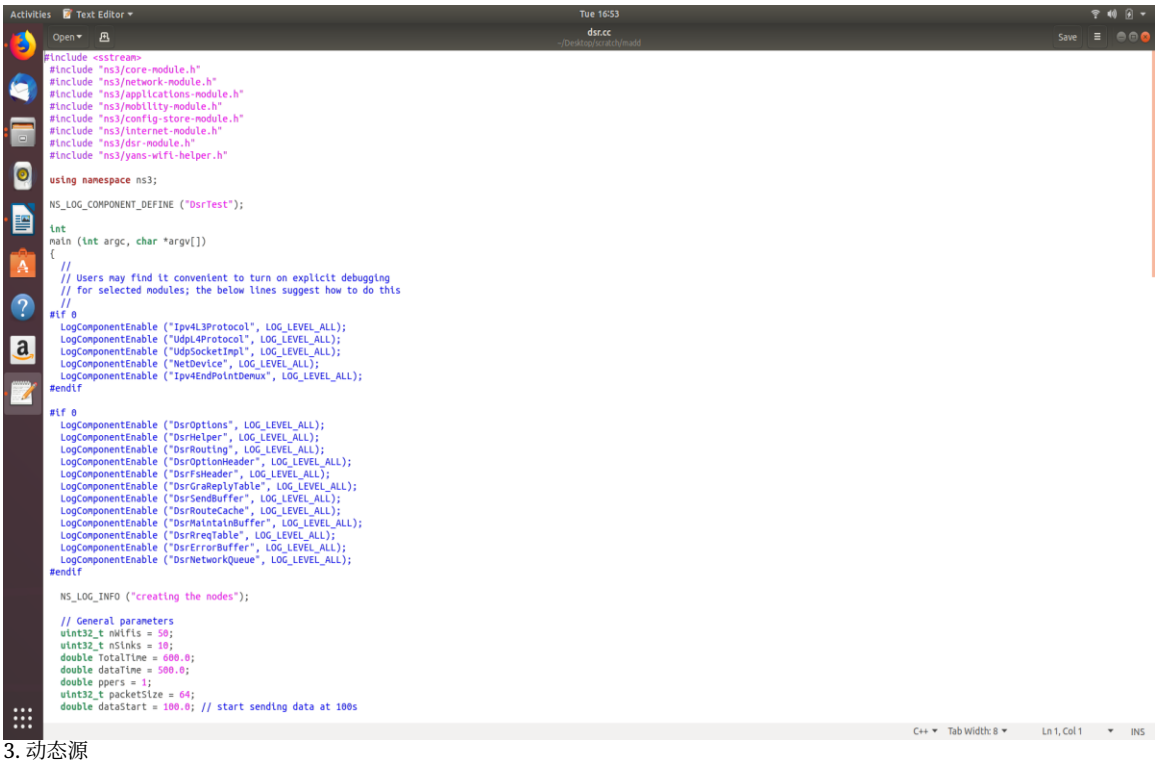
1.网状网络。



2.按需距离

矢量路由协



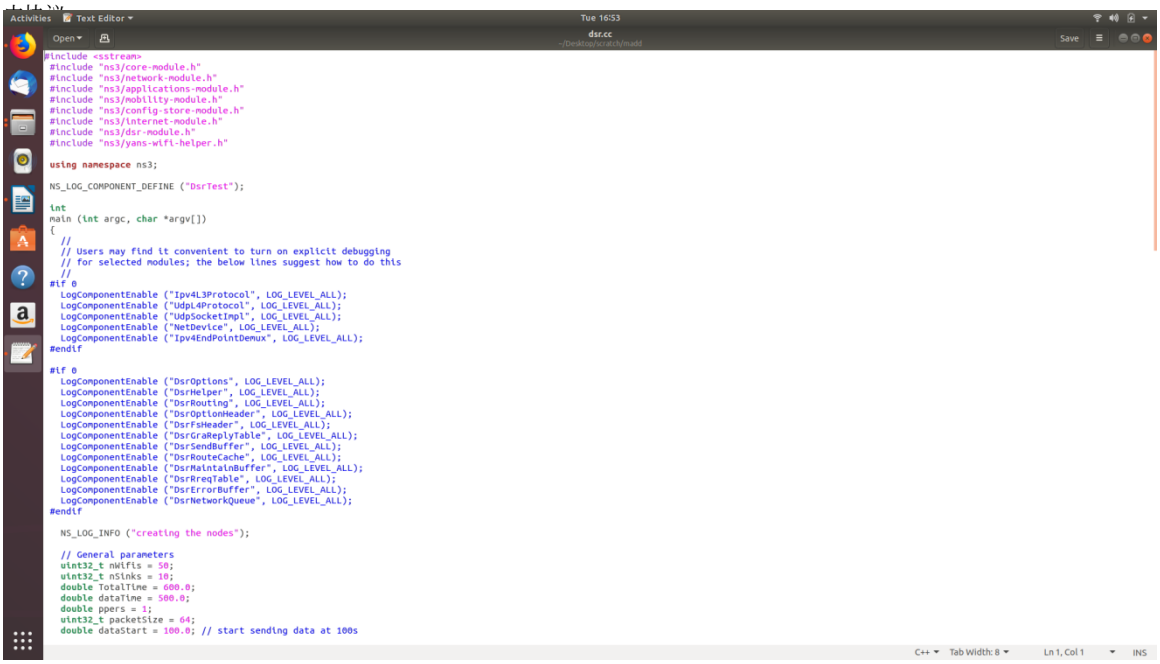


3. 动态源

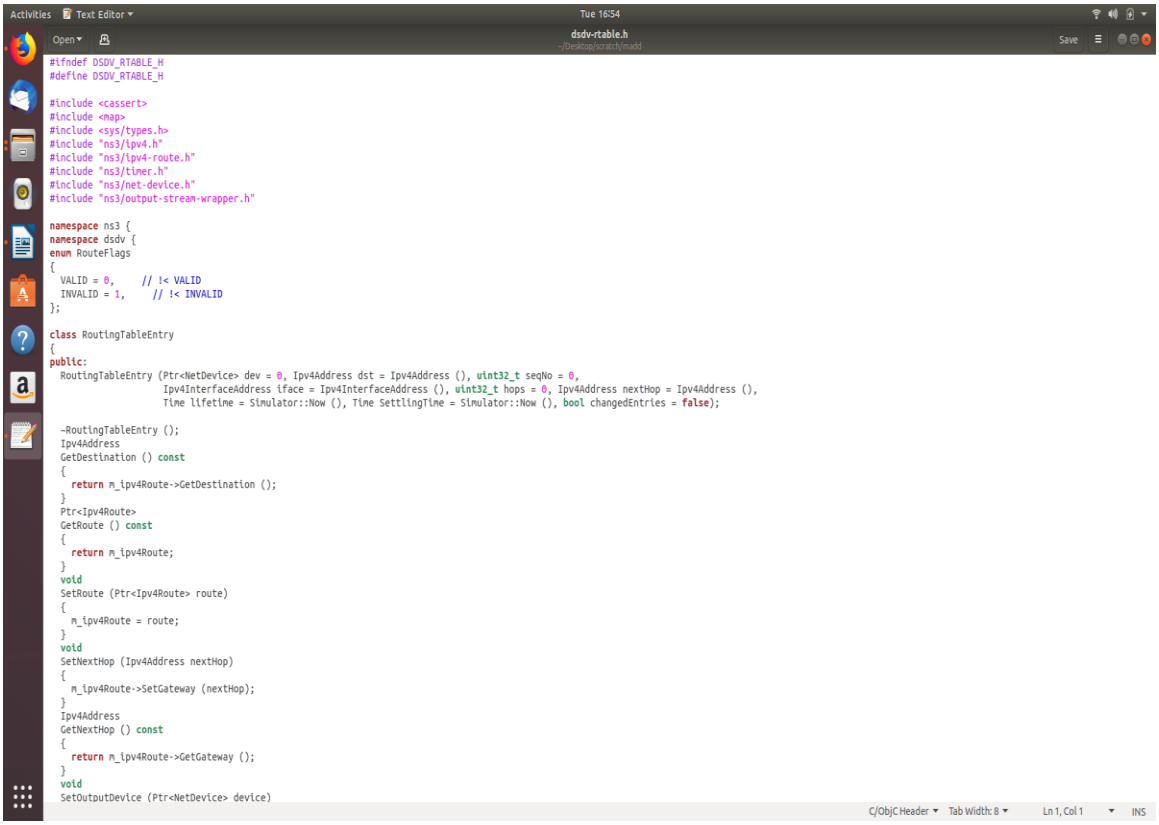
路由协议

4. 目的序列

距离矢量路

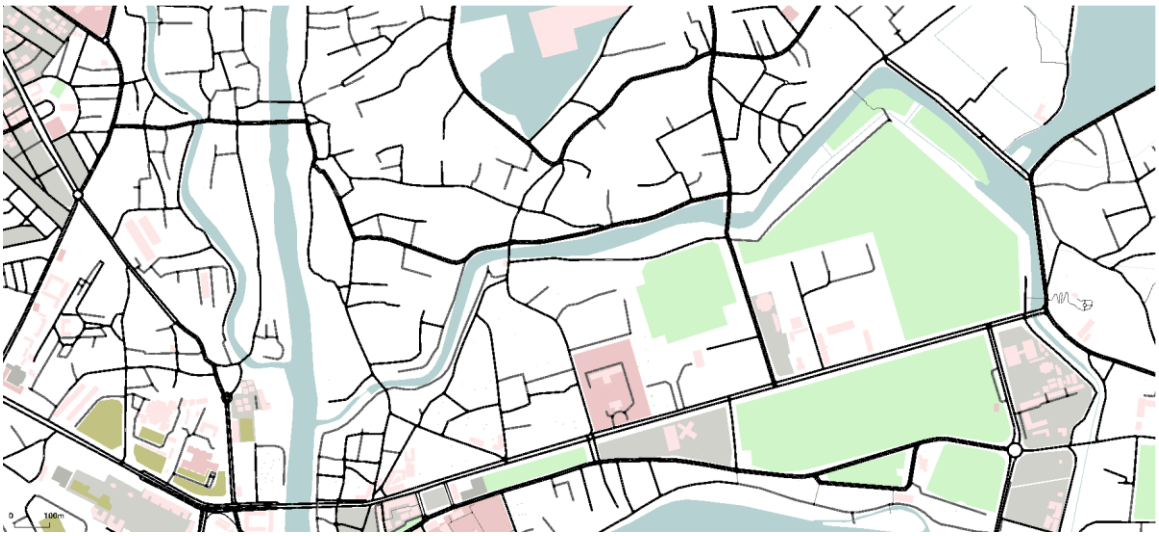


4.1 DSDV路由表

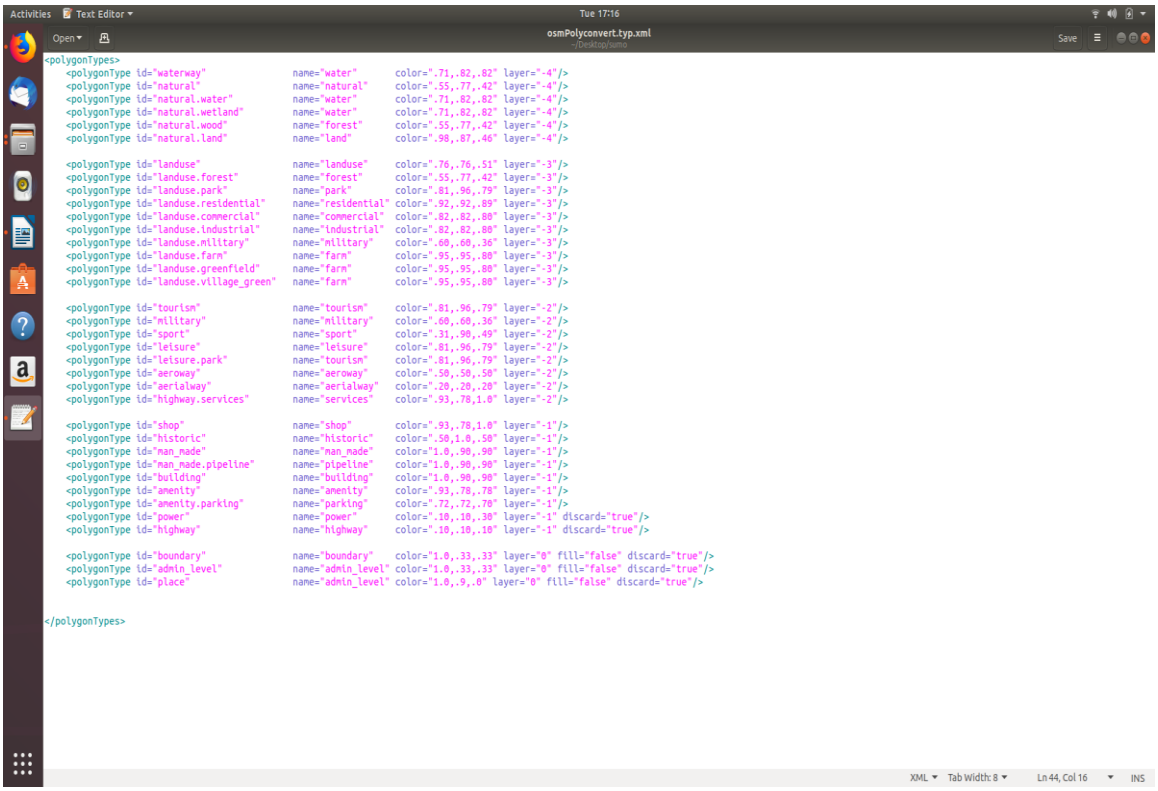


5. SUMO

5.1 斯利那加市的 OSM地图。



5.2 POLY文件代码




```
<polygonTypes>
    <polygonType id="waterway"              name="water"       color=".71,.82,.82" layer="-4"/>
    <polygonType id="natural"               name="natural"     color=".55,.77,.42" layer="-4"/>
    <polygonType id="natural.water"         name="water"       color=".71,.82,.82" layer="-4"/>
    <polygonType id="natural.wetland"       name="water"       color=".71,.82,.82" layer="-4"/>
    <polygonType id="natural.wood"          name="forest"      color=".55,.77,.42" layer="-4"/>
    <polygonType id="natural.land"          name="land"        color=".98,.87,.46" layer="-4"/>

    <polygonType id="landuse"               name="landuse"     color=".76,.76,.51" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.forest"        name="forest"      color=".55,.77,.42" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.park"          name="park"        color=".81,.96,.79" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.residential"   name="residential" color=".92,.92,.89" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.commercial"    name="commercial"  color=".82,.82,.80" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.industrial"    name="industrial"  color=".82,.82,.80" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.military"      name="military"    color=".60,.60,.36" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.farm"          name="farm"        color=".95,.95,.80" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.greenfield"    name="farm"        color=".95,.95,.80" layer="-3"/>
    <polygonType id="landuse.village_green" name="farm"        color=".95,.95,.80" layer="-3"/>

    <polygonType id="tourism"               name="tourism"     color=".81,.96,.79" layer="-2"/>
    <polygonType id="military"              name="military"    color=".60,.60,.36" layer="-2"/>
    <polygonType id="sport"                 name="sport"       color=".31,.90,.49" layer="-2"/>
    <polygonType id="leisure"               name="leisure"     color=".81,.96,.79" layer="-2"/>
    <polygonType id="leisure.park"          name="tourism"     color=".81,.96,.79" layer="-2"/>
    <polygonType id="aeroway"               name="aeroway"     color=".50,.50,.50" layer="-2"/>
    <polygonType id="aerialway"             name="aerialway"   color=".20,.20,.20" layer="-2"/>
    <polygonType id="highway.services"      name="services"    color=".93,.78,1.0" layer="-2"/>

    <polygonType id="shop"                  name="shop"        color=".93,.78,1.0" layer="-1"/>
    <polygonType id="historic"              name="historic"    color=".50,1.0,.50" layer="-1"/>
    <polygonType id="man_made"              name="man_made"    color="1.0,.90,.90" layer="-1"/>
    <polygonType id="man_made.pipeline"     name="pipeline"    color="1.0,.90,.90" layer="-1"/>
    <polygonType id="building"              name="building"    color="1.0,.90,.90" layer="-1"/>
    <polygonType id="amenity"               name="amenity"     color=".93,.78,.78" layer="-1"/>
    <polygonType id="amenity.parking"       name="parking"     color=".72,.72,.70" layer="-1"/>
    <polygonType id="power"                 name="power"       color=".10,.10,.30" layer="-1" discard="true"/>
    <polygonType id="highway"               name="highway"     color=".10,.10,.10" layer="-1" discard="true"/>

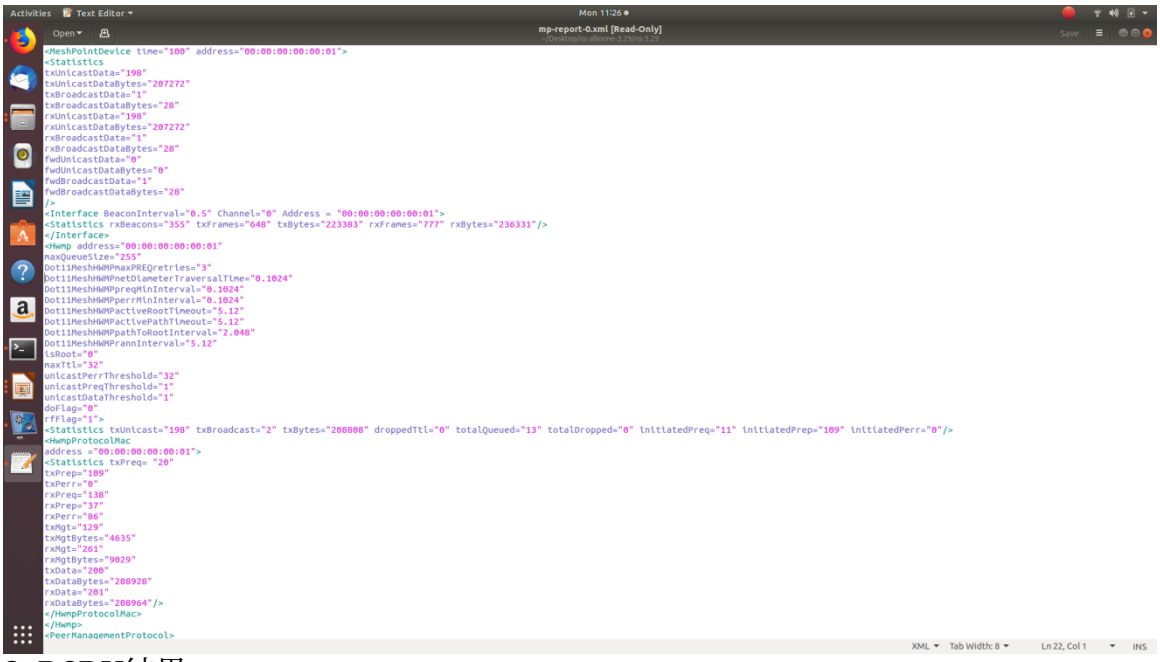
    <polygonType id="boundary"              name="boundary"    color="1.0,.33,.33" layer="0" fill="false" discard="true"/>
    <polygonType id="admin_level"           name="admin_level" color="1.0,.33,.33" layer="0" fill="false" discard="true"/>
    <polygonType id="place"                 name="admin_level" color="1.0,.9,.0" layer="0" fill="false" discard="true"/>


</polygonTypes>
```

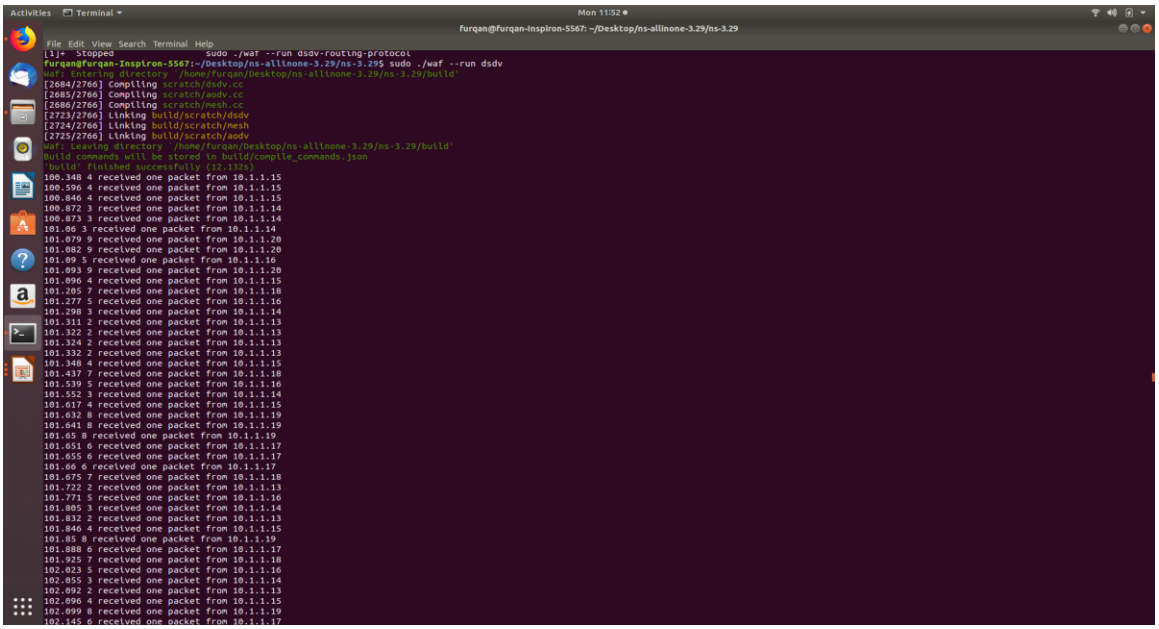
第 5 章

结果与比较。

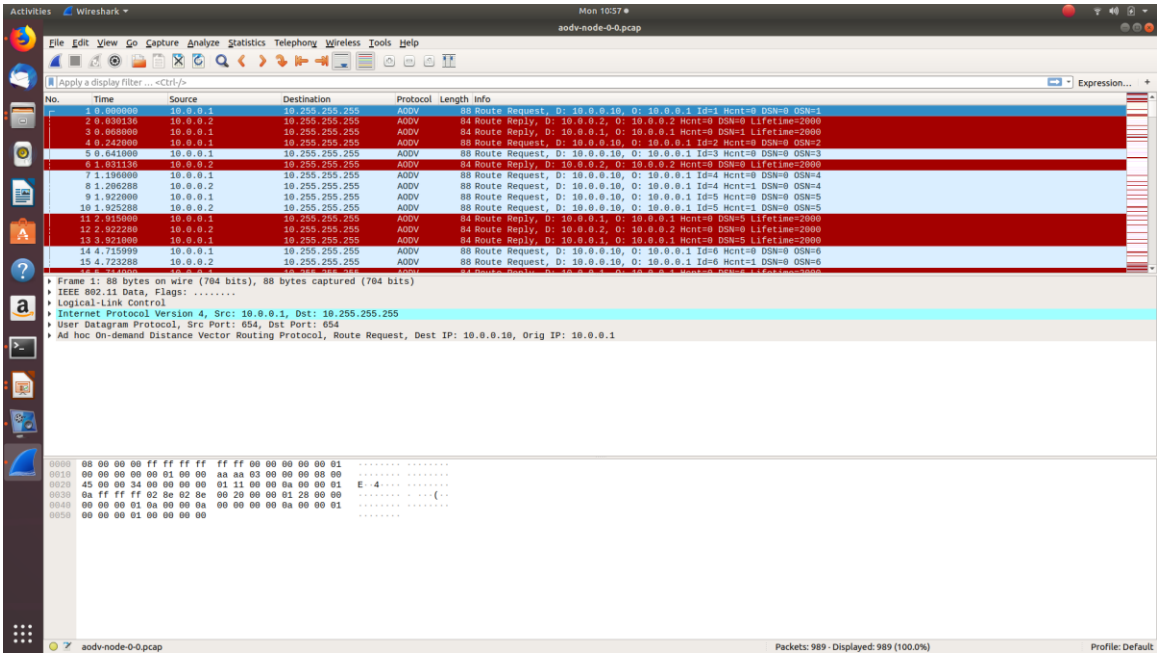
1. 网状网络结果



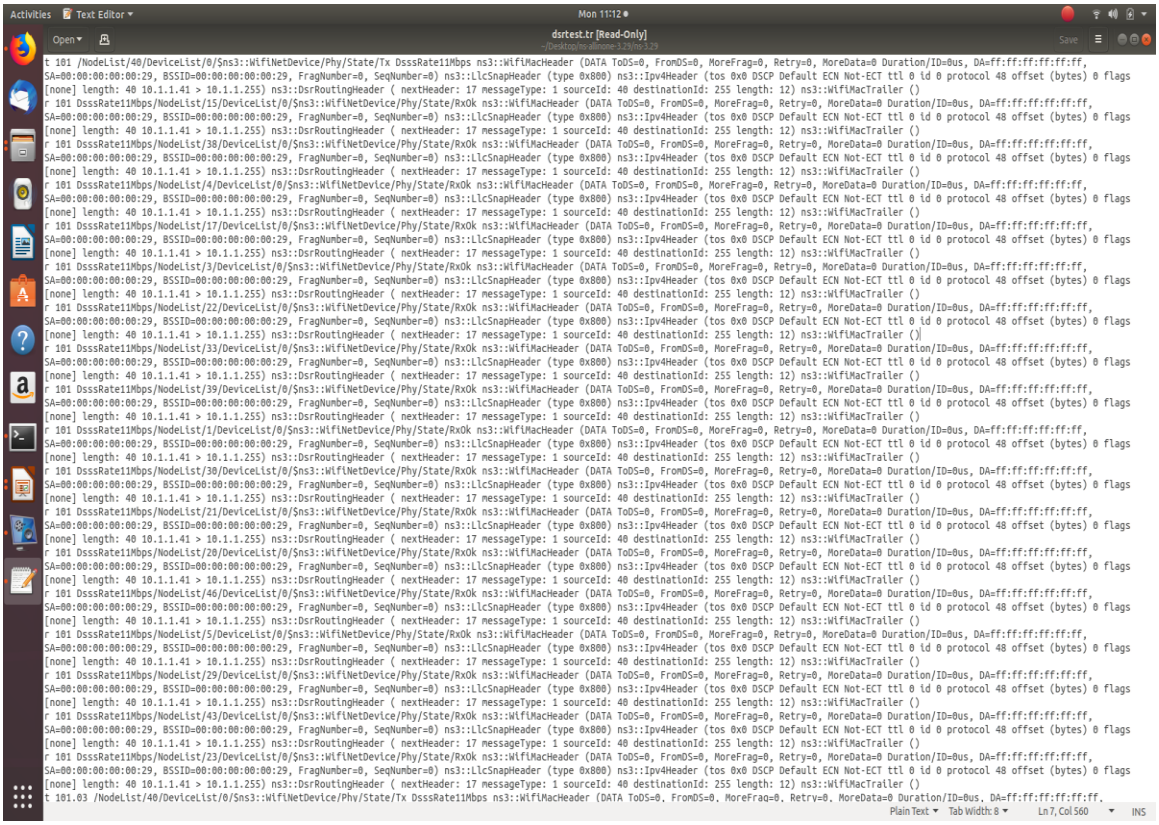
2. DSDV结果



3. 按需距离
矢量路由协议



4.动态源
路由协议



比较

1. 目的序列距离矢量路由协议仿真数据。

Simulation Data For DSDV

Simulation Time	Packet Sent	Packet Recieved	PDR	Packet Forwarding
25	12208	125	7145	872
50	24416	397	6150.13	1779
75	36622	768	4768.49	5585
100	48830	1536	3179.04	9004
125	61063	2501	2440.46	12241
150	73244	3485	2101.69	15439
175	85450	4520	1890.49	18606

2. 动态源路由协议仿真数据。

Simulation Data For DSR

Simulation Time	Packet Sent	Packet Recieved	PDR	Packet Forwarding
25	12208	976	1250.82	3233
50	24416	1916	1274.32	6497
75	36622	2835	1291.78	9783
100	48830	3765	1296.95	13059
125	61036	4693	1300.58	16336
150	73224	5618	1303.74	19621
175	85450	6550	1304.58	22898

表 – 4

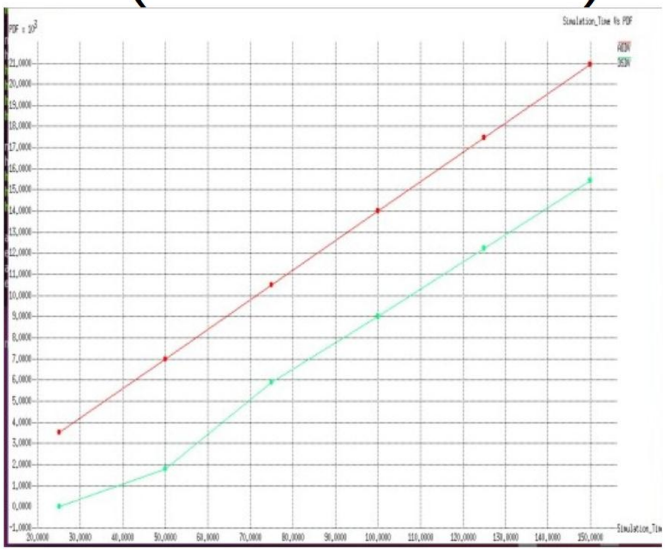
3.按需距离矢量路由协议仿真数据。

AODV Simulation Data

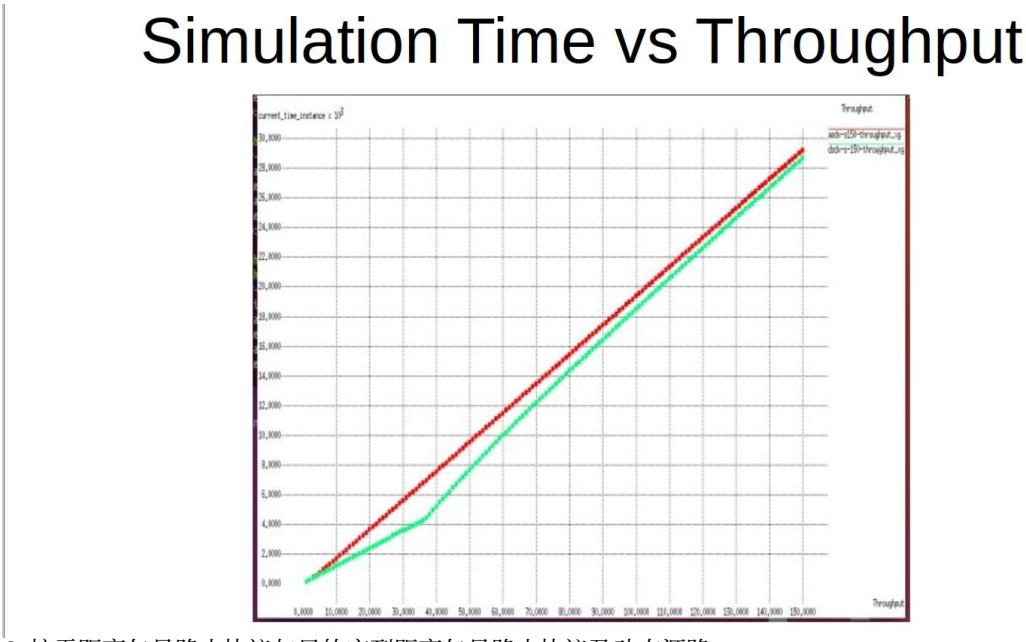
Simulation Time	Packet Sent	Packet Recieved	PDR	Packet Forwarding
25	12208	713	1712.70	3506
50	24416	1431	1706.22	7007
75	36622	2156	1698.61	10501
100	48830	2889	1690.20	13990
125	61063	3618	1687.01	17473
150	73244	4363	1678.75	20948
175	85450	5106	1672.85	24427

4. 仿真（按需距离矢量路由协议和目的序列距离矢量路由协议）与分组投递率的比较。

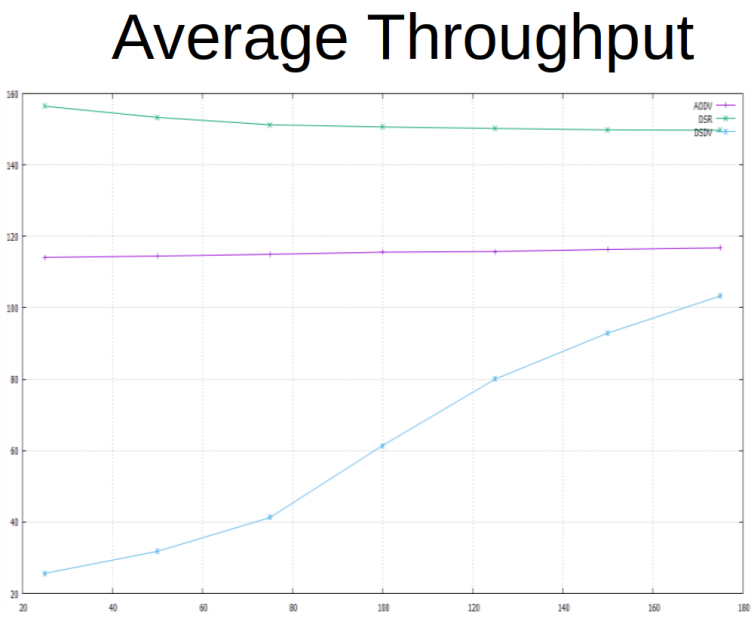
Simulation(AODV & DSDV) vs PDR



5. 按需距离矢量路由协议与目的序列距离矢量路由协
议的吞吐量对比



6. 按需距离矢量路由协议与目的序列距离矢量路由协议及动态源路
由协议的吞吐量。



上图和结果表明，最初节点数量较少时，所有协议的表现都相同；在斯利那加市的路由中，动态源路由协议略占优势。但随着节点数量增加，按需距离矢量路由协议的输出优于其他协议。

节点数量较少时的平均吞吐量：动态源路由协议 > 按需距离矢量路由协议 > 目的序列距离矢量路由协议。

节点数量增加时的平均吞吐量：按需距离矢量路由协议 > 目的序列距离矢量路由协议 > 动态源路由协议。

由于节点数量较多，因此第二种场景最适合斯利那加市的路由。

节点数量较少时，按需距离矢量路由协议的分组投递率较高，表现较好；但随着节点数量增加，其分组投递率会下降，而动态源路由协议则表现更佳。

节点数量较少时的分组投递率：按需距离矢量路由协议 > 动态源路由协议 > 目的序列距离矢量路由协议
节点数量增加时的分组投递率：动态源路由协议 > 按需距离矢量路由协议 > 目的序列距离矢量路由协议。

节点数量较少时，动态源路由协议的端到端时延最低，目的序列距离矢量路由协议的端到端时延最高；但节点数量增加后，趋势发生变化：目的序列距离矢量路由协议和按需距离矢量路由协议的端到端时延降低，而动态源路由协议的端到端时延增加。

节点数量较少时的端到端时延：动态源路由协议 < 按需距离矢量路由协议 < 目的序列距离矢量路由协议。
节点数量增加时的端到端时延：目的序列距离矢量路由协议 < 按需距离矢量路由协议 < 动态源路由协议。

归一化路由负载最初为零，但会随时间逐渐增加，其中目的序列距离矢量路由协议的值低于按需距离矢量路由协议和动态源路由协议。

三种协议的初始归一化路由负载均为零。一段时间后的归一化路由负载：目的序列距离矢量路由协议 < 按需距离矢量路由协议 < 动态源路由协议。

因此，从上述比较可以看出，对于斯利那加的路由，按需距离矢量路由协议的吞吐量最高，在其他比较指标上表现居中。因此，基于上述比较，我更倾向于选择按需距离矢量路由协议，而不是目的序列距离矢量路由协议和动态源路由协议。

第 6 章

结论与未来工作

A）平均吞吐量。吞吐量表示单位时间内的通信速率。本实验评估了按需距离矢量路由协议、目的序列距离矢量路由协议和动态源路由协议在这三种移动模型下的吞吐量。图中展示了给定环境下使用节点列移动时，各协议的吞吐量（每仿真时间的字节数）随节点数量增加的变化情况。按需距离矢量路由协议的表现优于其他协议，但在节点数量较少时，所有协议的性能几乎相同。随着节点数量增加，按需距离矢量路由协议的吞吐量优于目的序列距离矢量路由协议，而动态源路由协议的表现最差。使用随机移动模型时，吞吐量远高于另外两种移动模型。在这种情况下，三种协议的表现都更好，但按需距离矢量路由协议明显更优。

B) 分组投递率

它是交付至目的节点的数据分组与源节点生成的数据分组之比。其计算方法是用目的节点接收到的数据包数量除以源节点发出的数据包数量。节点数量较少时，AODV 的分组投递率较高；但随着节点数量增加，分组投递率会下降。数据包数量较多时，DSR 的分组投递率高于 AODV 和 DSDV。

C) 端到端时延

它是数据包从一个节点到另一个节点所需的时间。采用列移动模型时，端到端时延随节点数量增加而变化。节点数量较少时，DSR 的端到端时延最低，而 DSDV 的端到端时延最高；节点数量增加后，DSR 的端到端时延开始上升，而 DSDV 和 AODV 的端到端时延则开始下降。DSR 的端到端时延较高，而 DSDV 的最低。DSR 处于最低值，而 DSDV 达到最高值。总体而言，随着节点数量增加，这些协议的时延逐渐降低。

D）归一化路由负载

它是源节点发送给目的节点的元数据和网络路由信息，会占用协议可用带宽的一部分。AODV 的 NRL 较高，而 DSDV 的 NRL 最低。最初 NRL 的值为零，但随着节点数量增加，NRL 逐渐上升。DSDV 的 NRL 值要低得多。在群组移动性场景中，使用 DSR 路由协议时 NRL 较高，使用 DSDV 时则较低。如果采用随机航点移动模型，DSDV 的 NRL 值较低，而 DSR 和 AODV 的值较高。

斯利那加市需要实施这些协议，并通过更合理的规划改造部分道路，同时建立智能交通系统。一些路口目前的交通流量状况正常，而另一些路口则需要进行改造；此外，还需要增建一些道路。

未来工作

1. 协议需要进行修改，通常还需要一些新协议。

2. 需要稳定且更新、更贴近实际的仿真器。

3. 这些协议需要在我们的交通系统中实施。4. 更完善的规划是必要的。5. 升级道路和智能车辆。

参考文献

[1] IEEE 1609。《IEEE 1609系列标准：车载环境无线接入（WAVE）》，可从IEEE标准获取。[2] IEEE 802.11。《信息技术——电信和系统间信息交换——局域网和城域网——特定要求——第11部分：无线局域网介质访问控制（MAC）和物理层（PHY）规范》。ANSI/IEEE标准802.11，ISO/IEC 8802-11，1999年。[3] IEEE 802.11p。《信息技术——电信和系统间信息交换——局域网和城域网——特定要求——第11部分：无线局域网介质访问控制（MAC）和物理层（PHY）规范——第6号修订案：车载环境无线接入》。IEEE标准802.11p，2010年。[4] M. Abdoos、K. Faez和M. Sabaei。《移动自组织网络中具有更高可靠性的基于位置的路由协议》。载于《互联网，2009年。AH-ICI 2009：首届亚洲喜马拉雅国际会议》，第1{4页，2009年11月。[5] Yuh-Shyan Chen、Chung-Ming Huang。《远程信息处理通信技术与车载网络：无线架构和应用》。2010年8月。[6] T. Clausen和P. Jacquet。《优化链路状态路由协议（OLSR）》，2003年。[7] cygwin。《Cygwin，Windows上的Linux体验》。网址：{http://www.cygwin.com/}，2011年。[8] D. Maltz、D. Johnson、Y. Hu。《面向IPv4移动自组织网络的动态源路由协议（DSR）》，2007年。[9] Josh Broch、David B. Johnson、David A. Maltz。《DSR：多跳无线自组织网络的动态源路由协议》，2001年。

[10] S. Deering 和 R. Hinden。RFC 2460 互联网协议第6版（IPv6）规范。互联网工程任务组，1998年12月。

[11] 欧洲电信标准协会。智能交通系统（ITS），无线电通信设备工作在5855 MHz至5925 MHz频段的协调欧洲标准涵盖无线电设备与电信终端设备指令第3.2条的基本要求。2007年12月，2007年。

[12] V. Govindaswamy、W.L. Blackstone和G. Balasekara。近期移动自组织网络协议的基于位置的路由。发表于《计算机建模与仿真》（UKSim），2011年UKSim第13届国际会议见第467–471页，2011年4月。

[13] Kenneth P Laberteaux、Hannes Hartenstein。《车载自组织网络：车载应用》与互联网络技术。2010年。

[14] IEEE 802.2。逻辑链路控制。ANSI/IEEE 标准 802.2-1985，1984年。

[15] ITS。2008年8月5日委员会决定：协调使用无线电5875–5905 MHz频段内用于安全相关应用的频谱，智能交通系统，2008年。

[16] B Govinda Laxmi、Ramesh Babu、B Jagadeesh Kakarla、S Siva Sathya。关于车载自组织网络中路由协议及其问题的综述。《国际计算机应用杂志》（0975 8887），28(4):38 {44，2011年8月。

[17] Ding Junxia。基于移动自组网群组移动模型的FSR路由协议性能仿真与评估基于移动自组网中群组移动模型的协议。在计算智能与软件工程（CiSE），2010年国际会议会议论文集，第1{4页，2010年12月。

[18] Fan Li 和 Yu Wang。车载自组织网络中的路由：综述。《车载技术杂志》，IEEE，2(2):12{22，2007年6月。

[19] Mohammad Moustafa Qabajeh、Liana Khamis Qabajeh、Laiha Mat Kiah。基于位置的自组网路由协议的定性比较作品。IJCSNS《国际计算机科学与网络安全期刊》，9(2):131 { 140，2009年2月。

[20] 刘强、王华、匡景明、王正和毕志明。
Wsnp1-1：M-TORA：一种基于 TORA 的移动自组网多路径路由算法
网络。在 2006 年全球电信大会（GLOBE-COM）上
'06. IEEE，页1 {5，2006年12月。

[21] Tom H. Luan、Xinhua Ling 和 Xuemin Shen。车路通信的介质访问控制性能分析
。发表于无线通信与
网络会议（WCNC），2010年 IEEE，页1 {6，2010年4月。

[22] 吴明、杨林涛、李成义和江浩。车载自组织网络的容量、碰撞与
干扰及 IEEE 802.11媒体访问控制。发表于智能网络与
智能系统，2008年。ICINIS '08。第一届智能系统国际会议，11月。
2008年。

[23] MOVE。车载网络移动性模型生成器。网址：
http://sourceforge.net/apps/mediawiki/move，2011年。

[24] Hemanth Narra、Yufei Cheng、Egemen K. Cetinkaya、Justin P. Rohrer，以及
James P.G. Sterbenz。目的节点序列距离矢量（目的序列距离矢量路由协议）路由
ns-3 中的协议实现。第 439{446 页，2011年3月。

[25] NS-3。网络仿真器。网址：http://www.nsnam.org/，2012年。

[26] NS2。网络仿真器 - ns-2。网址：
{http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/Main_Page}, 2011年.

[27] Yanlin Peng、Z. Abichar 和 J.M. Chang。车载网络中的路侧辅助路由（RAR）
车载网络。载于《通信 ，2006年。ICC '06。IEEE 国际
会议，第8卷，2006年6月。

[28] C. Perkins、E. Belding-Royer 和 S. Das。按需距离矢量路由（AODV）
路由，2003年。

[29] Charles E. Perkins 和 Pravin Bhagwat。高度动态的目的节点
序列距离矢量路由协议（DSDV），适用于移动计算机。SIGCOMM
计算机通信评论，24(4)：234{244，1994年10月。

[30] J. Postel 和 J. K. Reynolds。RFC 1042：IP
数据报在 IEEE 802网络上的传输标准，1988年2月。

[31] M. Rajput、P. Khatri、A. Shastri 和 K. Solanki。自组织网络的比较
使用 OPNET Modeler 的反应式路由协议。在《计算机信息
系统与工业管理应用》（CISIM），2010年欧洲标准会议，
第 530 {534 页，2010年10月。

[32] Sanjoy Das、Ram Shringar Raw。基于位置的路由协议性能比较
在车辆间（V2V）通信中的路由协议。《国际工程科学与技术杂志》
（IJEST），3(1):435 { 443，1月。
2011年。

[33] David Hutchison，ResiliNets；James P.G. Sterbenz。ResiliNets研究组。
可访问：http://www.ittc.ku.edu/resilinets，2011年。

[34] H. Somnuk 和 M. Lerwatechakul。多跳AODV-2T。发表于《智能泛在计算与教育》——
2009年国际研讨会，页
214 {217，2009年5月。

[35] Tao Song、Weiwei Xia、Tiecheng Song 和 Lianfeng Shen。基于簇的
车载自组织网络定向路由协议。载于通信技术（ICCT），
2010年第12届IEEE国际会议，页1172 {1175，2010年11月。

[36] M.N. SreeRangaRaju 和 J. Mungara。一种统一的方法，用于提升
城市地形中移动自组织网络区域路由协议的性能。载于信息学与计算进展
与计算（PIC），2010年IEEE国际会议，卷1，
页 532 {536, 2010年12月。

[37] SUMO。《城市交通仿真》，可访问：
http://sumo.sourceforge.net/，2011年。

[38] Daxin Tian、Yunpeng Wang、Guangquan Lu 和 Guizhen Yu。一种车载自组织网络
基于欧氏距离聚类的路由算法。载于未来计算机与通信
（ICFCC），2010年第二届国际会议，
第1卷，第V1{183至第V1{187页，2010年五月。

[39] O. Tonguz、N. Wisitpongphan、F. Bai、P. Mudalige 和 V. Sadekar。车载自组织网络中的广播。载于《2007年车载环境移动网络》，第 7 {12 页，2007年5月。

[40] Y. Toor、P. Muhlethaler 和 A. Laouiti。车辆自组网：应用及相关技术问题。IEEE 通信调查与教程，10(3):74 {88，2008年9月。