

## 一种基于可靠性的车载自组织网络路由算法

冯慧芳,赵 亮,王梦茹

(西北师范大学 数学与统计学院,甘肃 兰州 730070)

**摘 要:** 提出了一种改进的 GPSR 路由算法. 该算法在选择转发节点过程中同时考虑位置和方向, 进而提高转发节点选择的正确性来增加通信链路可靠性. 用 VanetMobiSim 交通仿真软件构建真实的 VANETs 网络城市场景, 结合 NS-2 进行仿真研究, 结果表明, 和传统 GPSR 算法相比, 改进的 GPSR 路由算法在端到端时延影响不大的条件下, 能够有效地提高数据包传递率, 降低数据丢包率. 因此, 改进的 GPSR 协议更适用于对实时性要求不高、而对可靠性要求较高的 VANETs 网络.

**关键词:** 车载自组织网络; 地理位置路由; GPSR

**中图分类号:** TN402

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2014)10-0064-05

## A Reliability-Based Routing Scheme for Vehicular Ad Hoc Networks

FENG Hui-fang, ZHAO Liang, WANG Meng-ru

(College of Mathematics & Statistics, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In this paper, an improved GPSR routing protocol is proposed, which considers not only consider the distance, but also takes into account the right direction. And then improve the forwarding right node selection to increase the communication reliability. The VanetMobiSim is used to construct typical urban simulation scenario. The protocol is simulated in NS-2 under the urban scenario and compared with traditional GPSR and the new GPSR routing protocol. The simulation results show that the new GPSR protocol has higher packet delivery rate and lower loss rate, but its average end-to-end delay has not changed much compared to traditional GPSR. Therefore, the new GPSR protocol is suitable for VANETs, which requires relatively low response time and higher transmission reliability.

**Key words:** vehicular ad hoc network; geographical location routing; greedy perimeter stateless routing

### 1 引言

车载自组织网络 VANETs (Vehicular Ad Hoc Networks)<sup>[1]</sup> 是一种是以车辆间通信为设计目标的特殊的移动自组织网络 MANETs (Mobile Ad Hoc Networks), 通过车辆之间、车辆与路边接入点的通信构成统一的无线通信网络.

由于 VANETs 网络具有快速变化的网络拓扑结构、节点的高速移动、网络分割相当频繁等特点. 因此, MANETs 中广泛应用的路由协议无法直接

应用于 VANETs 网络中, 那么如何设计更简单、有效地适应 VANETs 环境的路由算法是 VANETs 网络面临的一个重大挑战<sup>[1-2]</sup>. 目前, 车载自组织网络中基于地理位置的路由算法成为 VANETs 路由算法中的研究热点. 有代表性的地理位置路由协议有贪婪的周边无状态路由协议 GPSR<sup>[3]</sup> (Greedy Perimeter Stateless Routing)、基于连接感知路由协议 CAR<sup>[4]</sup> (Connectivity-Aware Routing)、自适应连接感知路由 ACAR<sup>[5]</sup> (Adaptive Connectivity Aware Routing) 等等, 其中的 GPSR 路由<sup>[6]</sup> 是影响最

**收稿日期:** 2013-12-20; **修回日期:** 2014-02-01

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(61363081); 甘肃省自然科学基金资助项目(1308RJZA294); 甘肃省高等学校基本科研业务费资助项目; 西北师范大学青年教师科研能力提升计划资助项目(NWNU-LKQN-11-4)

大的、应用范围最广的基于地理位置无状态路由协议.该路由协议依靠相关节点的地理位置信息(比如自身节点、邻节点以及目的节点的位置信息)建立路由,制定数据转发策略,不需要存储和维护路由表,节省了穷尽所有可能和回溯需要耗费的大量时间,有效减小了网络开销.但在 VANETs 网络中由于应用环境的限制,它存在着城市岔路口的路由割断以及路径冗余的缺点,因此,对 GPSR 路由协议的改进研究不断.

文献[7]中提出一个通过 lifetime 概念来解决速度对 GPSR 路由影响的算法.文献[8]中设计了一种基于地图的静态结构动态权重的路由算法,在 SUVnet 上的仿真表明该算法性能相对于 GPSR 路由在长距离传输时有明显的改善.文献[9]中也对 GPSR 路由算法进行了改进,该算法在笔直道路选择 GPSR 算法,但在交叉路口采用预测算法选择转发节点,选择转发节点时考虑节点的运动速度和方向,提高通信可靠性.文献[9]中提出一种基于交通信息感知的改进 GPSR 路由算法,在分析传统 GPSR 的基础上,综合考虑了局部 GPS 信息和车辆的密度、运动方向、速度等因素,改进了 GPSR 的贪婪转发策略.

本文针对传统 GPSR 中的贪婪算法,提出一种 VANETs 网络改进的 GPSR 路由算法.并利用 VanetSimbosim<sup>[10]</sup>交通仿真软件构造真实的城市场景,将此场景导为 NS-2<sup>[11]</sup>支持的脚本,用 NS-2 进行仿真实验,考察数据包投递率、丢包率及端到端平均时延等指标,并与传统 GPSR 路由算法进行性能比较.

## 2 改进的 GPSR 路由算法

### 2.1 GPSR 路由算法及其缺点

GPSR 路由协议是一种经典的基于位置的路由算法,该协议将贪婪转发和边界转发结合起来.在 GPSR 协议中,网络节点都知道自身地理位置并被统一编址,通常情况下各节点利用贪婪转发算法来选择下一跳转发节点,但是当局部最优化现象发生时,贪婪转发算法失灵,此时启动周边转发算法选择下一跳转发节点<sup>[12]</sup>.

GPSR 最常见的贪婪算法策略有以下三种:(1) MFR(Most Forward Within R),即向传输范围内的距离目的节点方向最远的相邻节点传输;(2) NFR(Nearest Forward Within R),即向着目的节点方向的最靠近 S 的相邻节点为下一跳;(3) CR

(Compass Routing),即要求源节点 S 或中间节点 N 从其邻居节点中选择使  $\angle NSD$  最小的节点作为其下一跳节点,其中 D 为目的节点.

GPSR 协议优点是采用局部最优的贪婪算法,避免了在节点中建立、维护、存储路由表,不需要维护网络拓扑,路由开销小;能保证只要网络连通性不被破坏,一定能够发现可达路由;该算法使用接近于最短欧氏距离的路由,数据传输时延小.其缺点需要地理位置信息的支持和需要维护邻居节点位置信息.由于 VANETs 中网络中,车辆移动速度快,网络拓扑结构随之高速变化,加之目的节点的高速移动,使得在 GPSR 贪婪转发模式中,由于目的节点位置移动会导致传输误差较大.本文结合 VANETs 网络的特点,针对传统 GPSR 中的贪婪算法,提出了一种结合距离和运动方向的改进 GPSR 协议.

### 2.2 改进 GPSR 路由算法

假设各个节点可以通过 GPS 设备获知自己的方位坐标.设发送信息方的源节点 S 坐标为  $(x_s, y_s)$ ,接收信息的目的节点 D 坐标为  $(x_d, y_d)$ ,则源节点和目的节点构成的直线 l 方程为

$$\frac{y - y_s}{y_d - y_s} = \frac{x - x_s}{x_d - x_s} \quad (1)$$

设第 i 个转发节点  $S_i$  的坐标为  $(x_i, y_i)$ ,则该转发节点到直线 l 的距离  $dis(S, S_i, D)$  为

$$Dis(S, S_i, D) = \left| \frac{\frac{1}{x_d - x_s}x_i + (-\frac{1}{y_d - y_s})y_i + (\frac{y_s}{y_d - y_s} - \frac{x_s}{x_d - x_s})}{\sqrt{(\frac{1}{x_d - x_s})^2 + (-\frac{1}{y_d - y_s})^2}} \right| \quad (2)$$

设源节点的传输半径为  $r_s$ ,  $Dis(S, D)$ ,  $Dis(S, S_i)$ ,  $Dis(S_i, D)$  分别为源节点 S 到目的节点 D、源节点 S 转发节点  $S_i$  及转发节点  $S_i$  到目的节点 D 的距离.用圆  $r_s(S)$  表示传输半径为  $r_s$  的源节点 S 的通信范围,用圆  $r(D)$  表示半径为  $r(r = Dis(S, D))$  的目的节点 D 的覆盖范围,将圆  $r_s(S)$  和圆  $r(D)$  相交区域定义为源节点的前向邻居区域,如图 1 所示.在前向邻居区域中的所有节点构成的集合定义为转发节点集合 SS,即

$$SS = \{S_i \mid Dis(S, S_i) \leq r_s \text{ and } Dis(S_i, D) \leq Dis(S, D), i = 1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

那么,转发节点选择算法为

$$j = \arg \min_{1 \leq i \leq n} \{Dis(S, S_i, D)\}, S_i \in SS \quad (4)$$

当上式中有多个相等最小值时,即这些邻居节到源

节点和目的节点构成的直线的距离均相等,选取距离源点最近的邻居节点作为下一跳的转发节点。

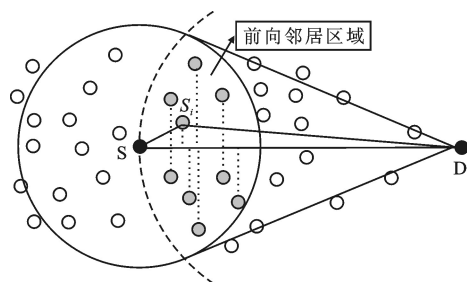


图1 前向邻居区域及转发节点集合

该改进算法使得数据包的传递既考虑了传输距离,又考虑了正确的传输方向,从而提高转发节点选择的正确性来增加通信链路可靠性,有效提高数据包投递率,降低数据丢包率。

### 3 改进 GPSR 路由算法的性能分析

#### 3.1 环境参数设置

为了对改进的 GPSR 算法的表现进行性能评价,用 VanetMobiSim 生成真实的 VANETs 环境,真实场景为甘肃省兰州市安宁区培黎广场附近的道路网络,如图 2 所示。NS-2 仿真参数设定见表 1。



图2 VanetMobiSim 提取的真实道路网络拓扑

表1 仿真实验参数

| 参数                  | 数值                 |
|---------------------|--------------------|
| 场景大小/m <sup>2</sup> | 2 000×1 300        |
| 车辆数/辆               | 40, 60, 80, 100    |
| 车辆行驶的时速/(km/h)      | 10, 20, 30, 40, 50 |
| 传输半径/m              | 250                |
| 最长红灯时间/s            | 20                 |
| 数据包大小/Byte          | 512                |
| MAC 层协议             | Mac/802.11         |
| Radio 模型            | TwoRayGround       |
| 仿真时间/s              | 200                |
| 网络业务                | CBR                |

#### 3.2 仿真结果及分析

由于新算法是针对 GPSR 中的贪婪算法的改进,在三种贪婪算法(MFR、CR 和 NFR)中,NFR 算法更适用于节点能量有限的无线网络(如 MANETs、WSNs 等),而 VANETs 中不存在节点能量有限的问题,因此,仿真实验中只对 MFR、CR 和改进路由算法的性能进行比较研究,性能指标主要考虑数据包投递率、丢包率和端到端时延等。

图 3 表示场景中存在 100 个车辆节点时车辆节点移动速度对数据包投递率和丢包率的影响。从变化曲线可知,数据包投递率的总趋势是随着节点的移动速度的增大而降低的,丢包率随着节点移动速度的增大而增大。当节点的最大移动速度较大时,传统 GPSR 协议(包括 MFR 和 CR)和改进的 GPSR 协议的数据包投递率都比较高,这是由于 VANETs 网络中节点高速移动,导致通信链路很不稳定,并且处于前向区域的邻居节点也变少,数据包很容易丢失。当节点最大移动速度的逐渐变小,数据包投递率明显增大,丢包率明显下降。从整体上看,改进的 GPSR 协议在数据包投递率和丢包率方面的优于传统 GPSR 协议。

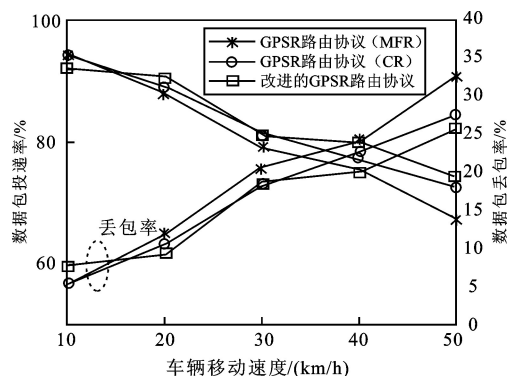


图3 车辆节点移动速度对数据包投递率的影响

图 4 中显示了移动场景中有 100 个车辆节点时,车辆移动速率在 10 km/h 到 50 km/h 之间变化时端到端时延的变化曲线。从图中可以看出,随着速度的增加,三种算法的时延逐渐增加,但是变化并不是非常明显,说明采用这些路由协议转发数据包对端到端时延的影响微乎其微,参与转发数据包的上游转发节点不必在意下游节点的运动速度,只要转发区域内有车辆节点存在,数据就能够被转发,否则丢包。图 3、图 4 说明本文改进算法在不影响端到端时延情况下,可有效提高数据包的投递率。

图 5 中显示了 GPSR 和改进的 GPSR 协议中车辆个数对数据包投递率和丢包率的影响。由图可

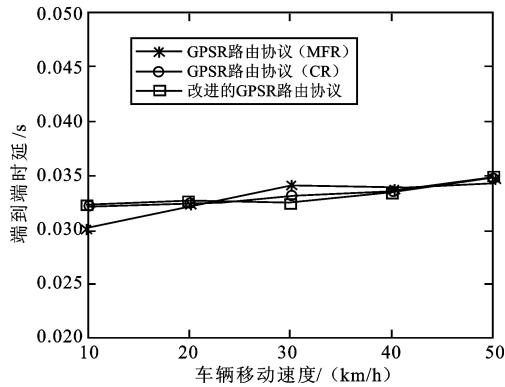


图4 车辆节点移动速度对端到端时延的影响

知当 VANETs 网络中节点数目较少时,传统 GPSR 协议和改进的 GPSR 协议的数据包投递率都较低,丢包率较高。比如在场景中仅有 40 辆车存在时,数据包的传递率甚至无法达到一半,丢包率超过 70%。其中主要原因是车辆节点分布稀疏,在规定时间内路由算法不能找到下一跳转发节点,导致数据包丢失;当 VANETs 网络中车辆节点数较多时,改进的 GPSR 协议的数据包投递率较传统 GPSR 协议有明显升高,数据包丢包率也相应的降低了。这是因为随着车辆节点数量的增加,改进算法能够更准确地将数据发往目的节点方向,减少进入边界路由的环节的可能性,最终提升了数据包的投递率。

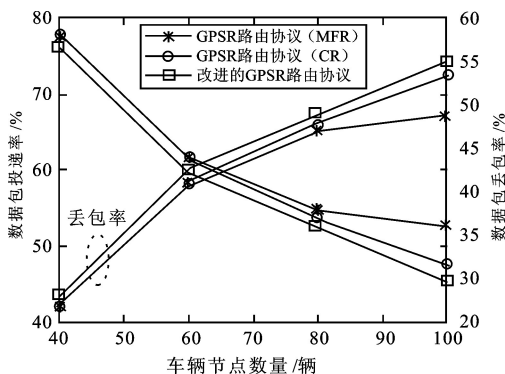


图5 车辆节点数量对数据包投递率的影响

图 6 所示为车速恒定时不同车辆节点数量下端到端时延的变化曲线。从图中可以看出,在车辆节点数量较少时,端到端时延是相当低的。这是因为稀疏的车辆,数据包的传递只能在近距离的车辆间进行,由于车辆稀疏性导致大量数据丢失,数据包成功传递的概率降低。随着网络中车辆节点数量的增加,网络拓扑结构的不断变化,不仅导致数据包转发的跳数增加,而且数据包冲突概率增加,所以端到端时延也随之增加。另外,由图 6 可知传统 GPSR 及其改进算法在车辆节点数量增加时,端到端时延的性

能表现差距并不大。

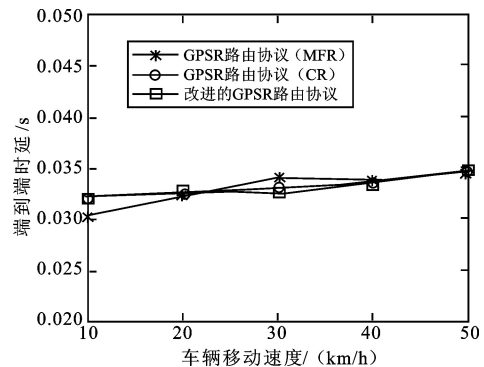


图6 车辆节点数量对端到端时延的影响

可见,随着在车辆节点数量增加,GPSR 改进算法在保证端到端时延变化不大的情况下,有效地改善了数据分组的传递率,降低了丢包率。

#### 4 结束语

本文提出了一种改进的 GPSR 的贪婪转发策略。仿真结果表明,改进的 GPSR 协议中贪婪算法能在端到端的平均时延不恶化的情况下,有效提交了数据包分组投递率。因此,改进的 GPSR 协议适用于对实时性要求相对较低,而对数据包投递率要求较高的 VANETs 网络。

#### 参考文献:

- [1] Zeadally S, Hunt R, Chen Y S. Vehicular Ad hoc networks (VANETS): status, results, and challenges [J]. Telecommunication Systems, 2012, 50 (4): 217-241.
- [2] Khatri M, Malhotra S. An insight overview of issues and challenges in vehicular Ad hoc network[J]. Journal of Global Research in Computer Science, 2011, 2 (12):47-50.
- [3] Karp B, Kung H T. GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks [C] // Proc. of the ACM/ IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking. Boston: IEEE Press, 2000. 243- 254.
- [4] Naumov V, Gross T. Connectivity-aware routing (CAR) in vehicular Ad-hoc networks[C]//Proc. of the 26th IEEE International Conference on Computer Communications. Anchorage, Alaska: IEEE Press, 2007:1919- 1927.
- [5] Yang Q, Lim A, Li S, et al. ACAR: adaptive connectivity aware routing protocol for vehicular Ad Hoc networks[C]//Proc. of 17th International Conference on

- Computer Communications and Networks. Virg in Islands: IEEE Press, 2008:1-9.
- [6] Lee K C, Haerri J, Lee U, et al. Enhanced perimeter routing for geographic forwarding protocols in urban vehicular scenarios[C]//Proc. of the IEEE Globecom Workshops. Washington, 2007:1-210.
- [7] Rao S A, Pai M, Boussedjra M, et al. GPSR-L: greedy perimeter stateless routing with lifetime for VANETS[C]//Proc. of the 8th Int'l Conf. on Intelligent Transport System Telecommunications. Phuket, 2008:299- 2304.
- [8] Wang Y B, Wu T Y, Lee W T, et al. A novel geographic routing strategy over VANETS[C]//Proc. of the 24th Int'l Conf. on Advanced Information Networking and Applications Workshops. Perth: IEEE, 2010: 2873- 2879.
- [9] 肖德贵, 彭李翔, 宋丹, 等. 混合 VANET 环境下一种改进的 GPSR 路由算法[J]. 软件学报, 2012, 23 (Sup(1)):100- 107.
- [10] VanetMobiSim 1.1[EB/OL]. [2014-04-20]. URL://vanet.eurecom.fr/.
- [11] NS-2 networks simulator[EB/OL]. [2014-04-15]. URL://www.isi.edu/nsnam/ns.
- [14] 王志刚. 车载 Ad hoc 网络中基于车辆流密度的 GPSR 协议的改进研究[D]. 吉林:吉林大学, 2012.

#### 作者简介:

冯慧芳 女,(1971-),博士,教授.研究方向为计算机网络.  
赵亮 男,(1986-),硕士研究生.研究方向为计算机网络.  
王梦茹 女,(1988-),硕士研究生.研究方向为计算机网络.

(上接第 63 页)

#### 参考文献:

- [1] Madhu K R, Ramesh K. Noise removal in three - fringe photoelasticity by adaptive colour difference estimation[J]. Optics and Lasers in Engineering, 2007, 45(1):175-182.
- [2] Antonio Baldi, Filippo Bertolino, Francesco Ginesu. Atemporal phase unwrapping algorithm for photoelastic stress analysis[J]. Optics and Lasers in Engineering, 2007(45):612-617.
- [3] 雷振坤, 云海, 赵燕茹, 等. 数字光弹性中材料条纹常数的自动确定[J]. 工程力学, 2009, 26(12):40-45.
- [4] Ajovalasit A, Petrucci G, Scafidi M. RGB photoelasticity: review and improvements[J]. Strain, 2010, 46 (2):137-147.
- [5] Astola J, Haaavisto P, Neuvo Y. Vector median filters [J]. IEEE, 1990, 78(4):678-688.
- [6] 单勇, 王润生. 采彩色图像混合滤波算法[J]. 数据采集与处理, 2006, 21(增刊):67-70.
- [7] 赵景秀, 王菁, 赵昭. 基于 RGB 空间剖分的彩色图像边缘检测[J]. 光电子技术, 2009, 29(3):171-173.
- [8] 雷振坤, 云大真, 亢一澜. 数字光弹性中五步彩色相移法及其应用[J]. 光学技术, 2004, 30(2):163-167.

#### 作者简介:

黎小毛 男,(1979-),硕士研究生,工程师.研究方向为光电信息获取与处理.