

基于地理位置的车载自组织网络路由协议的研究

马志欣¹ 刘海英¹ 谢显中²

(昌吉学院计算机工程系 昌吉 831100)¹ (重庆邮电大学宽带接入网络研究所 重庆 400065)²

摘 要 由于车载自组织网络(Vehicular ad hoc networks)具有特殊的节点类型和信道特性,采用传统 Ad hoc 网络路由协议无法取得满意的性能。实现高速可靠的数据传输速率,需要研究新兴的路由算法。基于贪婪算法的地理位置辅助路由是目前 VANET 路由的主流思路。主要研究基于地理位置的路由协议,对 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)协议进行改进,引入了向量的概念来改进 GPSR 路由协议的贪婪转发模式,即在选择下一跳节点时不仅要考虑到目的节点的距离,还要考虑城市环境中的十字路口节点,并增加了预测模式来预测车辆在十字路口的移动以提高路由协议的效率。

关键词 车载自组织网络,道路拓扑,贪婪边界无状态路由

中图分类号 TP393.09 **文献标识码** A

Vehicular Ad hoc Networks Routing Protocol Research Based on Geographic Position

MA Zhi-xin¹ LIU Hai-ying¹ XIE Xian-zhong²

(Computer Engineering Department, Changji Institute, Changji 831100, China)¹

(Institute of Broadband Access Network, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)²

Abstract As Vehicular ad hoc networks has a special node type and channel characteristics, using the traditional Ad hoc network routing protocol can not achieve satisfactory performance. In order to realize high speed and reliable data transmission rate, it is needed to study the emerging routing algorithms. Geographical location aided routing based on greedy algorithm is the mainstream of VANET routing. This paper mainly studied the routing protocol based on the geographic location, improved GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) routing protocol. Introduced the concept of vectors to improve the routing protocol GPSR greedy forwarding mode, i. e. the choice of the next hop node considers not only the distance from the destination node but also the urban environment crossroads node. Moreover, added predictive models to predict the movement of vehicles at intersections and improve the efficiency of routing protocols.

Keywords VANET(Vehicular ad hoc networks), Road topological, GPSR(Greedy perimeter stateless routing)

1 引言

在无线网络中,节点可能是移动的,节点间的连接状态可能不断在变化,这种网络被称为移动 Ad hoc 网络。如果移动节点是车辆,这种网络被称为车载 Ad hoc 网络(VANET,车载自组网)。车载 Ad hoc 网络节点移动的速度远大于传统网络节点移动的速度,这是车载网络高效传输数据所面临的巨大挑战。

目前,已经有很多针对车载自组网路由协议的研究^[1-7]。由于车辆一般按固定交通道路行驶且装备有 GPS,具有容易定位的特点,因此,基于地理位置信息的路由协议引起高度关注^[7-9]。上述算法都假设在理想的环境下进行研究和模拟,很少考虑在市区或有障碍物的复杂环境下的情况。基于贪婪算法的地理位置辅助路由(GPSR)^[7]是目前 VANET 路由的主流思路。本文在 GPSR 算法的基础上提出一种适合城市环境

下基于向量的车载自组网的路由策略,拟在提高数据传输效率和成功率,使其适合城市的车载环境。

2 相关协议研究

Ad hoc 路由协议在无线网络的研究中有着重要的作用。移动节点怎样向目的节点递交消息都必须靠 Ad hoc 路由协议进行路由,而协议设计的难度随着节点移动的速度和环境而不同。如图 1 所示,Ad hoc 路由协议可分为两类:基于网络拓扑的路由协议和基于地理位置信息的路由协议。

当确定路由路径时,基于网络拓扑的路由协议需要整个网络的拓扑信息来作出决策,基于网络拓扑的路由协议可进一步分为 3 种类型:先验式、反应式和混合路由协议。在先验式 Ad hoc 路由协议的网络中,每个节点维护它的路由表,为了发现到目的节点的路径,每个节点通过与其它节点周期性地广播自己的路由信息来交换和更新路由信息,以自动发现

到稿日期:2013-06-22 返修日期:2013-10-14 本文受国家自然科学基金(61271259,60872037),重庆市自然科学基金(CTSC2011jjA40006, CSTC2010BB2415),重庆市教委科学技术研究项目(KJ120501,KJ110530),昌吉学院教研课题(12jyyb00)资助。

马志欣(1963—),女,副教授,主要研究方向为计算机网络与通信,E-mail:Xinzh66@163.com;刘海英(1976—),男,硕士生,讲师,主要研究方向为最优化与计算机应用;谢显中(1966—),男,博士,教授,主要研究方向为移动通信技术。

由协议。混合路由协议集成了先验式和反应式路由协议的特点。目前已经设计出许多这样的协议,如 DSDV, OLSR, AODV, DSR, ZRP 等。因为做出路由决策需要整个网络拓扑信息的支持,所以当网络拓扑频繁变化时,基于网络拓扑的路由协议性能会变得较差^[10]。

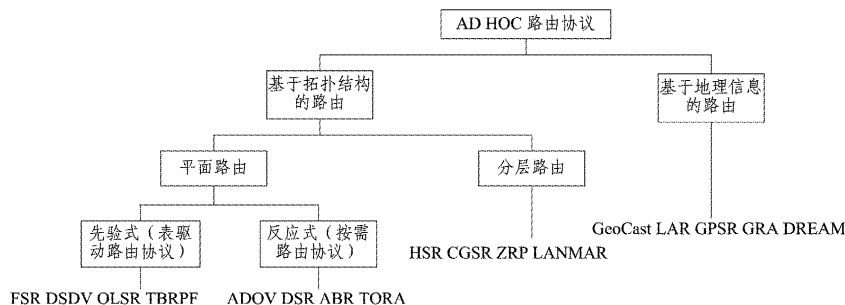


图 1 移动 Ad hoc 网络路由协议分类

位置服务获得目的节点的实际位置,然后在发送的数据分组中记录该节点的位置信息。数据分组发送时转发模式默认为贪婪转发,当节点接收到贪婪转发模式数据分组时,对其范围为一跳的邻居表进行查询,当查询到比本节点到目的节点距离小的邻居节点时,则将数据分组转发该点。然后继续采用贪婪模式,继续进行数据分组转发直到到达目的节点。贪婪模式转发如图 2 所示。

如果在邻居节点表中不存在比发送节点距离目的节点更近的邻节点时,则改变分组为边界转发模式。在进入边界转发模式(如图 3 所示)时,需要构造平坦图实现无交叉链接的网络,然后转发策略应用右手规则(如图 4 所示)。由于 GPSR 协议不需要保存路由表,当网络中的节点增加时,仅仅通过保持本地拓扑就能够很好地衡量各个路由的状态;当网络拓扑快速变化时,与其他 Ad hoc 网络路由相比, GPSR 也能够利用本地拓扑信息更加迅速地寻找到正确的新路由。

GPSR 只使用了邻节点的位置信息传送数据,每个节点只维护一跳拓扑信息。并且,位置信息捎带在节点发送的所有数据包中。GPSR 中每个节点的路由状态少,路由信息的复杂度低,特别适用于密集型无线网。

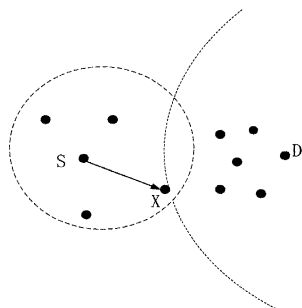


图 2 贪婪转发策略

图 3 边界转发策略

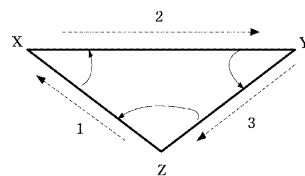


图 4 右手规则

在 2007 年, Kevin C. Lee 等人提出了基于 GPSR 的可在

城市环境中实现的 GPSRJ+车载路由协议, GPSRJ+的目的是改进周围转发模式, 节点间交换 beacon 信息以获得十字路口的节点, 为不同方向的转发报文标记不同的道路, 当然, 这种方法会加重网络的负荷。文献[12]也提到车辆行驶的速度对 GPSRJ 性能的影响, 例如, 节点 A 通过贪婪转发模式选择节点 B 作为下一跳转发节点, 但是节点 B 比节点 A 行驶速度快, 结果当节点 A 将要把报文转发给节点 B 时, 节点 B 已经消失了。因此提出生存期来解决这种不足。

在 2008 年 Rupesh Kumar 等人提出了 DGRP 路由协议。通过 GPS 以及与邻居节点交换 beacon 消息, 可获得自己和邻居节点的位置信息, 使用位置信息和发送 beacon 消息的间隔时间, 节点能计算出自己的速度和行驶方向, 这些信息可被其它节点利用来选择下一跳^[13]。这种方法可用来预测到目的节点的路径。协议的优点是报文的转发路径由节点行驶的状态决定; 缺点是小的错误将导致错误的蔓延。文献[9]提出了 CGOP 路由算法, 该算法利用车辆运行轨迹的可预测性和路段的连接度, 以最小预期延迟度量的车辆作为分组的下一跳, 取得了较好的递交率。

在 2009 年, 文献[14]中提出了一种基于地理和交通信息的车载 Ad Hoc 网络路由算法。该算法利用实时的道路交通信息和车辆移动位置预测进行数据转发, 并采取暂存转发策略, 同时能处理目的节点移动情况, 取得了较好的投递率。

本文将基于地理位置信息的路由协议对 GPSRJ 进行改进, 使其适合城市的车载环境。

3 一种改进的 VANET 地理位置路由协议

3.1 系统模型

本文针对的道路场景和系统模型如图 5 所示。点划线圆是节点的无线信号范围, 左下节点 S 是源节点, 中间的节点 C 是十字路口节点或协调交叉点, 左上节点 D 是目的节点。为讨论方便, 做如下假设:

(1) 报文转发通过 Ad hoc 方式和基础设施方式, 在车载网络中也叫 V2V 模式和 V2I 模式。

(2) GPSRJ 协议中每个节点配备 GPS 以获得自己的位置信息。

(3) 每个节点有自己的坐标信息, 源节点把自己的位置信息放入 beacon 消息中, 以便邻居节点根据 beacon 消息向目的节点转发报文。

(4) 对固定的 beacon 消息发送间隔, 每个节点交换邻居信息, 并根据 beacon 信息更新邻居列表。这里的邻居节点是指一跳邻居。

(5) 在原本的 GPSRJ 协议中, 当贪婪转发模式失败后, 节点会切换到周围转发模式。周围转发模式的右手定则会导致路由环(loop), 通常 RNG 和 GG 图可以避免路由环(loop)。然而, 在城市场景中, 节点被道路限制, 路由环路(loop)很少发生。因此, 本协议中为了减少计算的时间和算法复杂度, 不再计算 RNG 和 GG 图。

(6) 由于障碍物会导致信号衰减并降低通信质量, 我们假定信号可能被障碍物和建筑物阻挡。

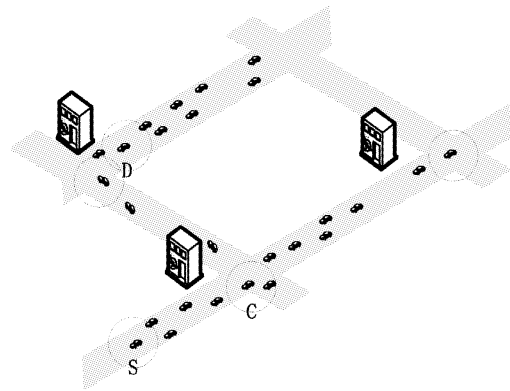


图 5 道路场景

3.2 改进的算法

该算法由 4 部分组成: beacon 消息的目的、直行道的策略、交叉路口的策略和算法失败时的恢复策略。

1. beacon 信息

每个节点周期性地广播 beacon 消息来获得邻居节点的信息。因此, beacon 消息包括节点位置、节点速度和节点行驶方向(来自 GPS)。

每个节点也使用 beacon 消息维护一跳邻居节点列表, 如图 6 中, 有 5 个汽车: 汽车 A、B、C、D 和 E。beacon 消息广播后, 节点 C 出现在节点 A、B、D 和 E 的邻居列表, 而 A、B、D 和 E 也出现在节点 C 的邻居列表中, 因此, 每个节点利用 beacon 消息维护自己的邻居列表。

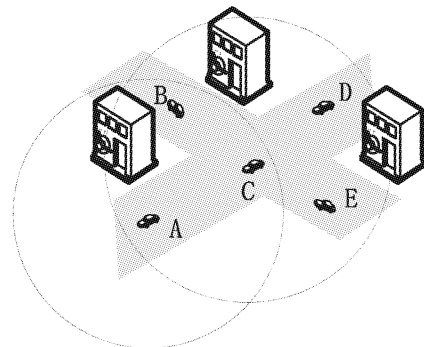


图 6 交叉路口的例子

在城市场景中, 在交叉路口节点怎样把报文转发给不同的道路是很重要的。因此, 在图 6 的基础上, 介绍一下节点怎样知道自己在交叉路口处的例子。

所有的节点广播了 beacon 消息后, 每个节点建立了自己的邻居列表, 并且知道自己是否是交叉路口节点, 下面用两个例子介绍节点怎样确定自己在交叉路口。图 6 中, A、B、D 和 E 4 个节点在节点 C 的邻居列表中, 通过比较它们的相对坐标, 可以知道节点 C 在交叉路口, 进一步, 比较 A、B、C 的邻居列表, 发现节点 A 和 B 在节点 C 的覆盖范围。然而, 节点 A 和节点 B 不在互相的邻居列表, 可以推出节点 A 和节点 B 在不同的道路上, 而且它们的信号被障碍物或建筑物所阻挡。节点 C 在节点 A 和节点 B 的信号覆盖范围内, 节点 A 和 B 可能就在交叉路口。

假定每个节点能够判定自己是否在交叉路口, 节点认识到自己在交叉路口时, 就广播一个 beacon 消息告诉邻居节点。

2. 直行道

在直行道上,选择贪婪转发策略,该贪婪转发模式与 GPSR 路由协议的不同点是:使用向量的概念来选择下一跳,从而协议的精确度得到改善。本文中,这种策略被称作贪婪模式。

在贪婪模式中,当收到需要转发到目的节点的报文时,节点把自己看作坐标原点,计算从它自己到目的节点的向量,之后,节点开始计算在传输范围内的所有节点的向量,从而找到目的节点最近的节点。在我们的定义中,节点的向量在中心的右侧为正,左侧为负。例如,图 7 中,节点 A 收到需要转发到目的节点 D 的报文,为了选择下一跳,节点 A 首先比较是否存在节点 A 的向量靠近节点 D 的向量。本例中,节点 B 被选为下一跳转发节点。节点如果仍旧在直行道上,用同样的方法进行报文的转发。当收到信号后,(前方)存在交叉路口节点,贪婪模式切换为预测模式。

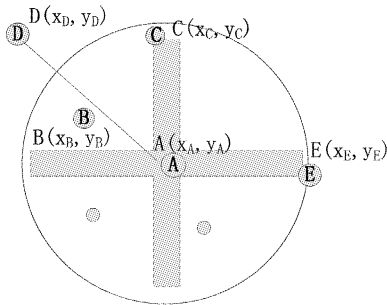


图 7 以贪婪模式选择节点 B

3. 交叉路口

正如上文提到的,一个节点通过 beacon 消息可以判断自己是否是交叉路口节点。若是,则向邻居广播自己是交叉路口节点,其邻居节点切换到预测模式来预计邻居节点的移动。图 8 中,节点 C 发送信号告诉它的邻居自己是交叉路口节点,它的邻居切换为预测模式。因此,当节点 B 收到节点 A 报文时,节点 B 工作于预测模式预测邻居的运动,选择到目的节点 D 的最佳转发节点。

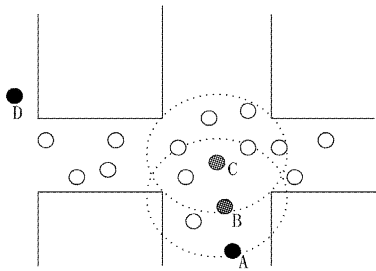


图 8 预测模式例子

通过计算式(1)~式(4)来完成预测,节点 B 当前位置为 (X_2, Y_2) , 在一个 beacon 消息间隔 t_{bi} 前,节点 B 的位置是 (X_1, Y_1) ,通过式(1)可以算得节点 B 与 X 轴之间的夹角,这个夹角表示节点 B 的移动方向。而且,利用两个坐标和 t_{bi} 可以通过式(2)计算出节点 B 的行驶速度。把式(1)、式(2)的结果代入式(3)和式(4)可以预测节点 B 的邻居位置,坐标 (X_n, Y_n) 代表节点 B 信号覆盖范围的第 n 个节点。

$$\theta_B = \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

$$speed_B = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{t_{bi}} \quad (2)$$

有了式(3)和式(4)的结果,我们可以选择一个节点来转发报文到目的节点 D。当节点离开交叉路口时,工作模式切换到贪婪模式,直到报文到达目的节点 D。

$$x_n = x_n + speed_n \times (t_1 - t_0) \times \cos(\theta_n) \quad (3)$$

$$y_n = y_n + speed_n \times (t_1 - t_0) \times \sin(\theta_n) \quad (4)$$

4. 恢复策略

当然,所提出的算法仍旧不能完全避免局部最大值问题,所以还需采用恢复策略。因此到交叉路口节点采用右手准则来做出转发决策。当节点陷入局部最大值问题时,它切换到恢复模式,利用右手准则向交叉路口转发报文。

4 仿真与结果

为了证明所提出的算法的性能,我们用移动模型生成器来生成交通流量和网格地图 TCL 文件(用来仿真车载网络和模拟城市交通),然后将生成的 TCL 文件放入网络仿真器 NS2 进行仿真,对于仿真参数,我们设计了一个 $1000\text{m} \times 1000\text{m}$ 的网格地图,如图 9 所示,100 辆车随机分布在地图里。如表 1 所列,为了显示速度对所提出的算法的影响,节点行驶速度从 $5\text{m/s} \sim 30\text{m/s}$ 。我们提供了 20 个 CBR 流,每个 CBR 的传输率是 16kbps ,分组大小是 512 字节,最后,选择了两个静态目的地节点。

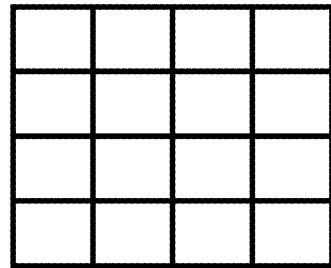


图 9 仿真场景

表 1 仿真参数

参数	值
Scenario	1000m×1000m, GridMap
Number of vehicles	100
Velocity of vehicle	5~30m/s
Transmission Range	250m
Traffic Flow	20 CBR flows, CBR rate 16kbps, packet size 512-bytes

针以上述 GPSR、DGRP 和我们所提出的改进算法(Improved)等 3 种算法,选取以下 3 个性能指标对协议性能进行分析比较。

(1)包递交率:从源节点到目的节点所发送报文的成功递交率。网络中成功到达目的节点的分组总数 N_r 与源节点发送的分组总数 N_s 的比值, $Ratio = N_r / N_s$ 。它反映了网络的处理能力。

(2)路由开销:除了所发送的信息,还有额外的数据包,包括累计数据包和控制数据包。

(3)吞吐量:发送和接收的数据包的比率。

10 次模拟结果的平均值如图 10—图 12 所示。

图 10 是车辆行驶速度与报文递交率之间的关系图,可以看出随着车辆速度的提高,报文递交率下降,但是速度在 15m/s 到 30m/s 时,所提出的算法明显提高了包递交率。这是由于在贪婪模式中考虑了向量和在交叉路口预测了车辆行

(下转第 128 页)

- [10] Hariharan S, Shroff N B. On Sample-Path Optimal Dynamic Scheduling for Sum-Queue Minimization in Forests [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2013(99):1
- [11] 汪浩, 黄明和, 龙浩. 基于 G/G/1-FCFS、M/G/1-PS 和 M/G/∞ 排队网络的 Web 服务组合性能分析[J]. 计算机学报, 2013(01):22-38
- [12] 郑建国, 王翔, 刘荣辉. 求解约束优化问题的 ϵ -DE 算法[J]. 软件学报, 2012(09):2374-2387
- [13] 柯鹏, 金姗姗, 李文翔. 面向多业务通信调度的优先级排队模型研究[J]. 计算机科学, 2013(3):159-162

- [14] Prado S M, Louzada F, Rinaldi J G, et al. A New Distribution for Service Model with State Dependent Service Rate [C]// 2013 Second International Conference on Informatics and Applications (ICIA). Lodz, Poland, Sept., 2013:294-299
- [15] Neely M J. Dynamic Optimization and Learning for Renewal Systems [C]// Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove U. S. A., Nov. 2010:681-688
- [16] 唐宏, 李敏, 周到. TD-LTE 集群通信系统基于优先级划分的随机接入算法[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2013, 25(6): 711-715

(上接第 110 页)

驶的可能方向, 因此所提出的算法获得了较高的效率和成功率。

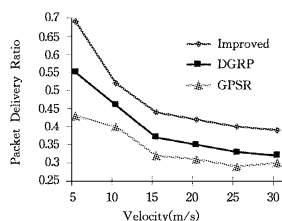


图 10 包递交率

图 11 是路由开销和车辆速度之间的关系图。由于该算法没有进行 RNG 和 GG 图的计算, 使得报文递交率增加, 重传率减少, 所提出的算法开销明显少于 GPSR 算法。图 11 与图 10 对应, 从图 11 可以看出速度低于 15m/s 的情况下, DGRP 是很准确的, 但是随着速度的升高错误率也会增加。相反, 所提出的改进算法是趋于稳定的。

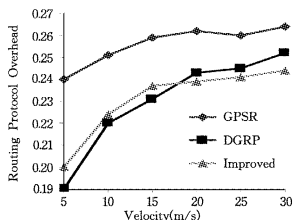


图 11 路由协议开销

图 12 是车辆行驶速度与吞吐量之间的关系图。数据包的递交率得到改善, 使得吞吐量也明显增加。

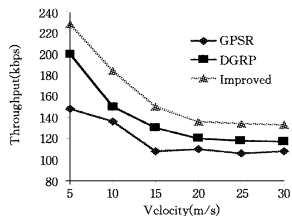


图 12 吞吐量

结束语 该策略通过信标的广播信息确定节点的类型, 引入向量和一种新的判定十字路口节点的信标方式, 对于直行道的普通节点、预测节点或者十字路口节点, 根据不同的节点类型采取不同的转发方式: 普通节点采取贪婪转发的方式, 预测节点采取相应的计算判定方法来转发数据包, 而十字路口节点决定路由策略的方向。由于引入了基于向量的判定方法, 其转发效率要高于 GPSR 协议。本文比较了 GPSR、DGRP 和新算法的包的递交率、路由协议的开销、吞吐量, 对

得到的结果进行了分析。我们不仅改进了 GPSR 路由协议, 而且修改了算法使其适合城市场景。模拟结果显示利用向量决定下一跳转发节点和在交叉路口采用预测模式确实有效地改善了算法的性能, 增加了报文递交率。对于路由开销, 新算法明显比 GPSR 和 DGRP 稳定。今后我们将测试所提出的算法在不同场景下的适应性, 并开发出适合不同场景的地理位置路由协议, 努力解决局部最大问题并修改恢复策略。

参考文献

- [1] Shafiee K, Leung V C M. Connectivity-aware minimum-delay geographic routing with vehicle tracking in VANETs [J]. Ad hoc Networks, 2011, 9(2):131-141
- [2] Cha Si-ho. Comparison of greedy routing protocols for vehicular ad hoc networks [C]// 2012 International Conference on ICT Convergence (ICTC). Oct 2012:565-566
- [3] 杨成恩, 徐家品. 稀疏车辆 Ad hoc 网络移动模型研究 [J]. 通信技术, 2011, 44(5):88-91
- [4] 陈潜, 刘云. 动态高速环境下 Ad hoc 路由协议研究 [J]. 中北大学学报: 自然科学版, 2011, 32(5):579-582
- [5] 杜昱宏, 秦华标. 城市非连通车载自组网中低时延路由协议 [J]. 计算机工程, 2010, 6(15):111-113
- [6] 罗涛, 王昊. 车载无线通信网及其应用 [J]. 中兴通信技术, 2011, 17(3):1-7
- [7] 黄振旺, 郭达. 基于地理位置的车载网络路由协议的研究 [J]. 移动通信, 2012, 36(5):1006-1010
- [8] 胡森, 李剑锋. 车载自组织网络中基于贪婪算法的地理位置路由 [J]. 中兴通信技术, 2011, 17(3):24-28
- [9] 刘杰, 唐伦, 龚璞, 等. 一种基于连接性的 VENETS 地理机会路由协议 [J]. 计算机应用研究, 2013, 30(4):1116-1119
- [10] 郑新旺, 杨光松, 黄联芬, 等. 车载自组织网路由协议连通性能仿真 [J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2010, 24(2):6-10
- [11] Karp B, Kung T H. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks [C]// Proceedings of the 6th annual International Conference on Mobile Computing and Networking. Aug 2000:243-254
- [12] Brahmi N, Boussedjra M, Mouzna J. Mobility Support and Improving GPSR Routing Approach in Vehicular Ad hoc Networks [M]// New Technologies, Mobility and Security. Nov 2008:1-6
- [13] Kumar R, Rao S V. Directional Greedy Routing Protocol (DGRP) in Mobile Ad-Hoc Networks [C]// Information Technology, 2008 (ICIT'08). Dec 2008:183-188
- [14] 李元振, 廖建新, 李彤红, 等. 地理和交通信息感知的车载 Ad hoc 路由 [J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(5):56-61