

基于 Qualnet 的城区场景中 VANET 机会路由仿真

熊聪聪, 吴 琼

(天津科技大学计算机科学与信息工程学院, 天津 300222)

摘 要: 在车联网的城区场景中, 由于节点密度实时变化、快速移动以及建筑物对通信信号造成的损耗等原因, 通常会造成车辆之间形成间歇性的连接通信。结合实际通信场景模型和携带-存贮-转发策略改进 VADD 协议, 针对 VANET 中的城区交通场景模型, 利用 VanetMobiSim 和 Qualnet 仿真平台进行仿真。结果表明, 与传统的城区环境通信协议相比, 该仿真模型在分组投递率和消息延迟方面有所提高。

关键词: VANET; 容迟网络; 机会路由; Qualnet

中图分类号: TP391.9

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2013)03-0070-05

Simulation of Opportunity Routing in VANET of Urban Scenarios Using Qualnet

XIONG Congcong, WU Qiong

(College of Computer Science and Information Engineering, Tianjin University of Science & Technology,
Tianjin 300222, China)

Abstract: Signals of vehicle communications could be lost because of the fast speed of the vehicle and density changes in real-time, leading to intermittent communications between vehicles in urban scenario. The VANET communication scenario and carry-store-forwarding strategy were analyzed to improve the VADD, combined with the urban model and opportunity routing. VanetMobiSim and Qualnet were used to set up a simulation platform for urban propagation scenario, based on the actual situation. The results show that compared with the AODV and GPSR, the traditional VANET routing, the realistic simulation of urban scenario improves a lot in both packet transmission rate and delayed performance.

Key words: VANET; delay-tolerant network; opportunity routing; Qualnet

随着配备短距离无线通信接口(dedicated short range communications)车辆的增加, 又新提出了一个针对车辆之间快速短距离的通信结构 Wave。相对于传统无线自组网(mobile ad-hoc network, MANET), 车辆自组网(vehicular ad-hoc network, VANET)利用车载传感器收集车辆信息, 通过无线传输在节点之间进行传送, 并广泛应用在城市交通信息数据的共享与传输, 可以提高城市交通安全性和信息效率, 在实现城市一体化交通方面有广阔的发展前景。

在实际的城区场景中, 由于网络拓扑结构快速变化、车辆节点分布密度不均匀和节点通信范围的限制, 通常造成链路的中断, 网络被分割成多个不连通

的子区域, 传统的 MANET 路由交换机制不再适用。在上述间歇性连接的交通场景中, 利用容迟网络(delay-tolerant network, DTN)携带-存储-转发机制, 节点随机移动并携带通信消息, 从而创造新的通信机会, 最终期望以较高的成功连接率来实现移动节点之间的端到端通信^[1]。DTN 网络中的路由通过对转发消息的存贮携带以及优先级来对接收到的数据包进行处理, 对存储器和网络延迟性能要求较高。为了在间歇性连接的 VANET 中合理选择低延迟路径传递消息, Zhao 等^[2]提出 VADD 协议, 利用车流量历史统计信息计算消息在交通路口各方向上的传递概率以及消息通过各路段的传输延迟。在 VADD 协议基础

收稿日期: 2012-05-16; 修回日期: 2013-02-26

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目(20110806)

作者简介: 熊聪聪(1961—), 女, 四川泸州人, 教授, xiongcc@tust.edu.cn.

上, Link 等^[3]提出 GeoDtn 协议, 利用车辆的交通轨迹信息来获得更好的性能, 然而其过于依赖导航系统, 并不能在实际场景中准确应用. GeoOpp 路由^[4]是车载网络中一种基于轨迹特性的机会路由协议, 它结合了车辆交通模型特性和地理位置信息, 但对车辆导航系统的依赖性较高.

针对上述问题, 本文提出一种改进的基于机会转发策略的路由协议, 适用于车载容迟网. 该路由协议在 VADD 的基础上增加基于节点位置信息的机会路由转发策略, 选择合适的消息转发节点, 动态选择合适的路由. 在 Qualnet 无线仿真平台上结合 VanetMobiSim 设置城区交通场景, 并与传统 VANET 路由对比, 进行了仿真实验.

1 车辆交通模型和 DTN

1.1 城区传播模型假设和场景描述

在 VANET 中, 交通模型宏观上包括城区传播场景、节点移动模型以及网络通信模型; 微观上包括路由设施、交换基站、终端传感器等基础设施.

对 VANET 城区通信场景作如下假设:

(1) 移动车辆间通信通过 IEEE802.11 无线信道进行传输(有效距离为 100 ~ 250 m), 城区场景中的建筑设施和道扑变化造成通信的暂时中断. 车辆节点移动采用 Street Microcell Propagation 模型, 即位于同一条道路上移动节点采用视距通信传输(line of sight propagation), 车辆节点之间使用 Wi-Fi 通信. VANET 城区场景架构如图 1 所示.

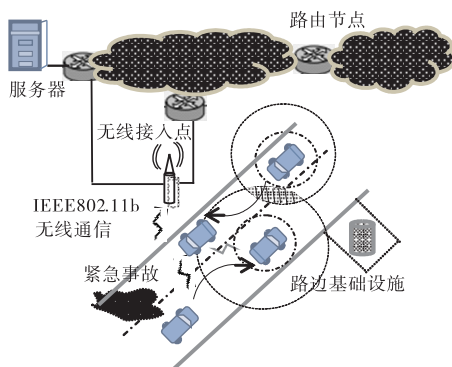


图 1 VANET 城区场景架构图

Fig. 1 VANET urban scenario map

(2) 车载容迟网络可以用有向图表示. 设节点集合为 $G = G(V, E)$, 其中 V 表示终端节点集合, E 表示

街道集合; t_c 为节点的接触时间; S_c 为传输机会大小; 节点间的通信均为双向链路 (t, s) ^[5].

(3) 假设节点都配备了基于 IEEE802.11 的车载终端和 GPS 通信功能, 节点预先安装了具有城区道路和流量统计信息的数字地图. 车辆行驶到交叉路口时, 按照各路段的车流量确定转向概率.

1.2 DTN 和机会路由

DTN 通信结构适用于极端通信情况, 利用中继节点临时存储转发分组来提高网络容量. 该体系在应用层和传输层中新加入束层(bundle layer), 以便在间歇性连接的通信过程中实现链路的连通以及异步消息的可靠传输. 束层中的底层逐条消息确认机制及可选的端到端确认策略减少了消息的传输延迟.

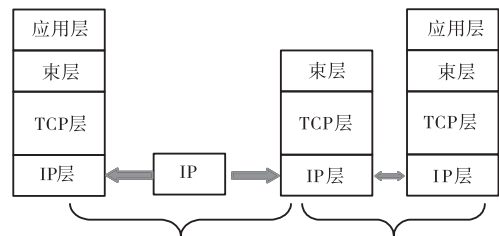


图 2 DTN 的束层协议栈

Fig. 2 Bundle layer protocol stack of DTN

DTN 中的机会路由针对的是延时时间较长的延迟, 通常大于几分钟. 携带-存储-转发机制传输过程如图 3 所示. 在 T_1 时刻源节点 S 希望将消息传输给目标节点 D , 但 S 和 D 位于不同的连通域且没有直接通信路径. S 首先将消息发送给检测到的邻居节点 1, 节点 1 暂时将消息在本地存储并等待合适的传输机会^[6].

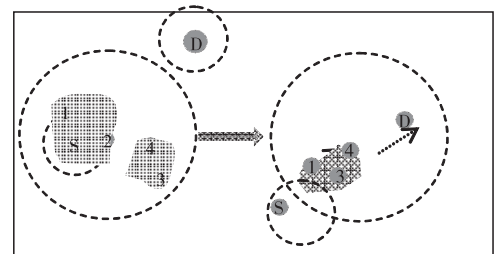


图 3 携带-存储-转发机制

Fig. 3 Carry-store-forwarding mechanism

在 $T_1 + \Delta T$ 时刻, 节点 1 进入到节点 4 的通信范围并转发消息. 在 T_3 时刻, 消息传输给目标节点 D , 完成数据传输, 其中过程包括了消息副本数确定、数据传输、节点消息缓存管理等.

2 改进的路由协议

综上所述, VADD 路由协议根据车流密度的历史统计信息计算车辆在十字路口各路段的延迟, 在转发决策中并没有综合考虑多个车辆节点的位置信息. 本文在 VADD 协议的基础上引入机会路由转发策略, 结合车辆的上下文信息, 提出了一种改进的车载容迟网络路由算法.

2.1 路由设计和改进

在 VANET 模型中, 传输路径 T_j 上移动节点 k 的平均速度为 $v_{k,j}$, 在传输路径长度 $\|T_{k,j}\|$ 上, λ 为修正系数^[7], 链路传输延迟为

$$D_{k,j} = \frac{(1-\lambda) \cdot \|T_{k,j}\|}{v_{k,j}} + \frac{\lambda \cdot \|T_{k,j}\|}{c} \quad (1)$$

式中: c 为基于先验知识的常量.

若车辆节点 k 携带消息驶向路径 i 所在的十字路口 $e_{i,j}$, j 为路口 $e_{i,j}$ 处可选路径, 在当前节点出现传递信息请求时, 根据传输延迟计算消息沿着各路段传输的优先级为

$$U_{i,j} = \sum_{k=1}^n p_j D_{k,j} \quad (2)$$

式中: p_i 为车辆 k 行驶至路口时选择第 i 条道路的概率. 将式(1)中的传输延迟 $D_{k,j}$ 代入式(2)迭代计算, 得到消息在路口 $e_{i,j}$ 的新路段方向优先级 $U_{i,j}$, 从而使消息沿着具有最低延迟期望的路段传递. 在十字路口时车辆节点检测周围的可转发节点车辆, 车辆节点不再自身携带信息, 以便能尽快将剩余的消息副本数传递给相邻节点, 使消息传递出去. 改进算法结合了 VADD 中的路段传输概率和机会转发策略, 进而计算转发节点和报文传输目标的关系, 转发节点和报文传输的目标之间的距离计算公式为

$$D = \sqrt{(x_u - x_v)^2 + (y_u - y_v)^2} \quad (3)$$

式中: (x_u, y_u) 为源节点坐标; (x_v, y_v) 为转发节点坐标. 在实际情况中两坐标均可以通过车辆自身携带的 GPS 设备获得. 转发节点的地理位置信息包括了车辆的上下文信息, 基于效用信息的转发机制使用节点位置夹角判断决策下一跳节点.

算法流程如下:

(1) 转发节点广播 Hello 数据包, 如果没有发现邻居节点, 则直接携带消息驶向下一个路口. 如果当前节点在选择的下个十字路口没有与其他节点相遇, 则继续携带信息行驶.

(2) 如果下一路段为多个转发节点, 通过角度计算公式判断各节点之间的转发角度, 选择最小角度的节点执行转发过程. 通过接受 Beacon 消息, 处于连通的各车辆可以交换效用值并更新位置方向. 消息的传输规则是, 消息总是传递至连通域内的具有最低效用值的车辆. 当节点移动进入彼此通信范围时, 节点之间须在连接时间内交换信息.

2.2 路径选择和缓存管理

文中提出改进的机会路由协议中, 数据报文的传输发生在十字路口选择阶段, 不再分为直路模式和路口模式^[8]. 数据报文的传输综合考虑转发节点的位置和路段延迟综合评测, 车辆节点行驶至十字路口时, 周期性发送 Hello 消息感知相邻街道的节点, 并计算节点角度, 判断是否存在合适的转发机会. 该算法尽可能有效地在低延迟路径上将数据报文向前传输给距离终点最近的车辆.

考虑到城区环境中会突发如交通事故等紧急信息, 为了均衡利用网络资源和提高预警消息传播速率, 本文采用的缓存机制如下: 根据消息的紧急程度决定消息在节点缓存队列中的排序, 以便在通信连接恢复时优先发出. 设消息传输路径上的普通等级消息的转发优先级为 U , 若紧急消息产生, 则优先级记为 $U_{\max}$, 排在队列首位优先发出, 优先级越高, 则消息被优先传输的可能性越大. 消息缓存示意如图 4 所示, 优先级 U 和数据包 TTL_k 依次进入缓存队列, 在消息传输过程中 TTL_k 值按递减进行传递.

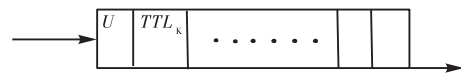


图 4 消息缓存队列

Fig. 4 Message buffer management

道路行驶中车辆节点携带信息转发路径如图 5 所示.

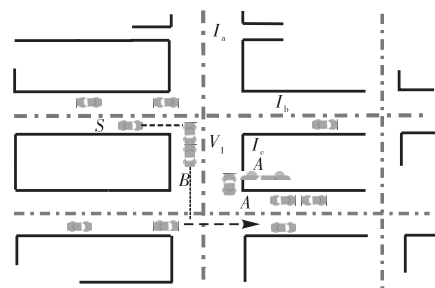


图 5 车辆信息转发路径示意图

Fig. 5 Path of vehicle message forwarding

若携带信息车辆的运动方向与路由路径期望方向相反时, 车辆携带信息继续前行, 否则优先选择路由路径上更接近于目标的车辆。

若相遇车辆为多个且为同向行驶, 则源节点 S 会先传递数据包到距离路口最近的节点 V_1 , 若邻居中没有节点比自己更接近目标, 则 V_1 在路段 I_c 会传递数据到行驶方向与期望方向相同的邻居 A , 而不是地理位置更接近的 B , 虽然 A 的位置没有 B 优越, 但由于其同向的运动方向, 随着时间变化最终将超过 B 。

3 仿真实验

3.1 网络仿真平台

VANET 中车辆交通模型仿真是基于 VanetMobiSim 的节点运动模型和 Qualnet 平台的网络性能仿真的结合。Vanetmobisim 是对 Canumobisim 的扩展, Canumobisim 是通用交通仿真器, 能够为不同的网络仿真软件产生移动跟踪 (trace) 文件。采用不同的宏观和微观移动模型, 联合使用该平台上所得到的 trace 文件, 可以通过定制场景来仿真不同的交通场景^[9]。

Qualnet 是 UCLA 开发的离散事件仿真器, 通过配置模型库文件及相关各组件属性可以对无线和有선通信网络进行建模, 适用于大规模无线移动网络节点的仿真^[9], 仿真速度大幅度提高。

3.2 车辆交通模型与配置

VanetMobiSim 使用 Tigereader.xml 提取城区地图模型信息, 配置运动节点位置信息、采样时间间隔和节点数目, 仿真输出.mobility 和.nodes 文件, 作为模型的 trace 文件导入后者。

在 Qualnet 中导入 trace 文件, 生成网络模型和节点运动场景, 链路汇聚区域为节点, 其余为移动路线坐标。

在 Qualnet 中使用 urban_grid.pl 文件产生城区建筑物模型, 配置场景文件 Node Placement: 通过工具栏导入 Tiger 地图和地形文件, 实现车辆运动轨迹的仿真。城区场景中的 Pathloss model 配置为使用 Street microcell 模型。

Mobility And Placement 配置如下:

Node-position-file Opportunity.nodes

Mobility files NONE

Mobility-position-granularity 1.0

节点无线子网和网络接口参数格式配置如下:

Subnet N8-169.0.0.0 {0 thru 40} default

[N8-169.0.0.0] PHY-RX-model PHY802.11b

NETWORK-PROTOCOL IP

实验中其他配置参数见表 1。仿真中还设置了缓冲器存储容量和相遇时转发的广播包信息协议栈。

表 1 仿真实验参数

Tab. 1 Simulation parameters

功能	参数	设定值
应用层流量	CBR	64 bit/s
车辆速度范围	V	10 ~ 40 km/h
传播模型	Urban Propagation	Street Microcell
邻居节点检测	间隔 Hello 消息	10 s
节点数量	N	40
MAC 协议	802.11 b	无

3.3 结果分析

实验仿真场景如图 6 所示, 节点移动所产生的路径轨迹在图中用旗帜符号标识。

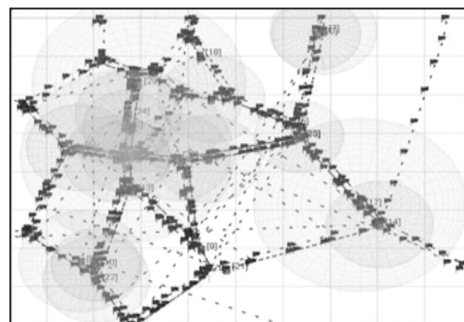


图 6 Qualnet 实验仿真图

Fig. 6 Simulation scenario of Qualnet

向网络中注入不同的节点数据, 考察网络中节点数据的变化对路由算法性能的影响, 并与 AODV 和 GPSR 协议比较, 主要从分组投递率和消息传输的延迟时间两方面进行评估。

从图 7(a) 可以看出, 改进协议的数据包分组投递率高于 AODV 和 GPSR 协议。车辆速度较低时, AODV 的分组投递率表现最好。但车载自组网是一种间歇性连接的网络, 通过地理位置信息和节点移动形成的连接概率增加使得更多的节点参与消息的转发, 因此改进机会路由协议和模型能够达到较高的分组投递率。AODV 协议随着车辆速度的增加会造成链路的频繁中断, 导致重复路由修复。GPSR 则因为位置信息的更新和车辆速度的增加不成比例, 传输质量下降。

从图 7(b) 可以看出, 3 种协议的数据包的平均端到端传输延迟是车辆节点移动速度的相关函数。在

相同数据包投递率的情况下比较,本文路由协议表现出较好的性能,随着车辆速度的增加,节点的运动加快,车辆之间带来的通信机会增多,所以加快了数据包的传递,端到端延迟有递减趋势. GPSR 在低速度时根据地理位置信息选择最近节点作为数据分组的转发节点,随着车辆速度增大,其延迟时间的变化并不明显. AODV 在速度较高时,由于查找路由出现频繁错误导致延迟增大.

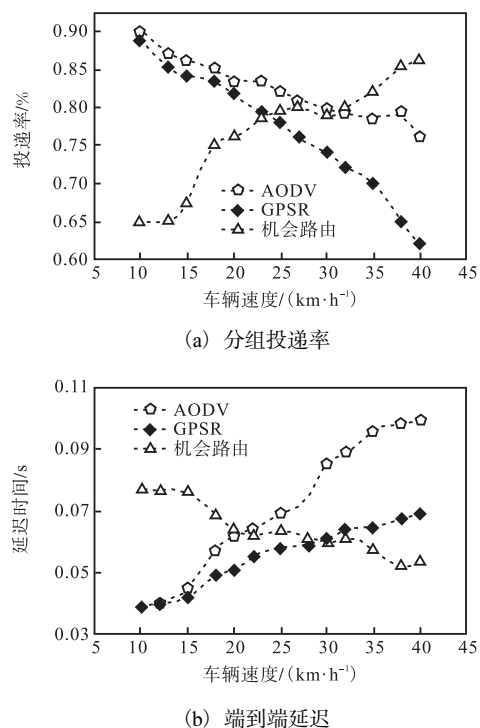


图7 车辆速度对投递率和延迟的影响

Fig. 7 Packet delivery ratio and the delay of vehicle speed

4 结 语

本文对在城区环境中的车辆交通模型和传播损耗模型进行分析,结合 DTN 的机会路由转发机制改进消息在十字路口的缓存和转发机制,提高间歇性连

接的车载网中的数据包传递率. 仿真结果表明,相对于传统的 AODV、GPSR 协议,机会路由转发策略 VANET 城区通信环境数据传输性能有较大提高,减少了端到端的延迟.

参考文献:

- [1] 宋超,刘明,龚海刚,等. 基于分布式实时信息的车载网络路由协议[J]. 软件学报,2011,22(3):466-480.
- [2] Zhao Jing, Cao Guohong. VADD: Vehicle-assisted data delivery in vehicular Ad hoc networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(3):1910-1922.
- [3] Link J A B, Schmitz D, Wehrle K. GeoDTN: Geographic routing in disruption tolerant networks[C]//Proceedings of 2011 IEEE Global Telecommunications Conference, GLOBECOM 2011. New York: IEEE Inc., 2011:1-5.
- [4] Leontiadis I, Mascolo C. GeOpps: Geographical opportunistic routing for vehicular networks[C]//2007 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, WOWMOM. Piscataway: IEEE Computer Society, 2007:1-6.
- [5] Wisitpongphan N, Bai F, Mudalige P. Routing in sparse vehicular ad hoc wireless networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 2007, 25(8):1538-1566.
- [6] 张国庆,幕德俊,洪亮,等. 城市场景下 VANET 路由协议大规模仿真研究[J]. 计算机仿真,2009,26(8):249-252.
- [7] 马涛,单洪. 基于 Qualnet 的移动自组网建模与仿真[J]. 电光与控制,2009,16(4):60-64.
- [8] 姜飞. 车载 Ad-hoc 网络按需路由协议的改进及仿真[D]. 北京:北京邮电大学,2010.
- [9] 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,2010,36(15):111-113.

责任编辑:常涛