

一种适合城市交通的 VANET 组网方法研究

沈明玉, 彭 盼, 赵 培

(合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 车载自组网(VANET)具有规模大、节点分布不均且移动性强等特点, VANET 的组网技术已经成为该领域的研究热点. 针对城市交通环境, 提出了一种基于分簇结构的 VANET 组网方法, 以公交车为簇头, 重点研究了簇头的动态选举、簇内成员的动态管理等问题. 在网络的连通性方面, 提出了利用路边停靠车辆缓存转发的策略. 通过仿真实验, 对方案进行了分析验证, 结果表明, 该方案可有效延长通信时间, 提高传输效率.

关键词: 车载网; 公交车; 簇头; 停靠的车辆; 连通性

中图分类号: TN913. 03

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2014)09—0105—04

A Suitable for the Research of VANET Networking Method of Urban Transportation

SHEN Ming-yu , PENG Pan, ZHAO Pei

(School of Computer and Information , Hefei University of Technology , Hefei 230009, China)

Abstract: Vehicle ad-hoc network (VANET) with large scale and node distribution and the characteristics of mobility, networking of VANET technology has become a research focus in the field. For urban traffic environment, this paper proposes a clustering structure of VANET network scheme, using a bus as a cluster head, dynamic cluster head election, dynamic management of cluster members, In terms of network connectivity, this paper discusses the use of roadside parked vehicle cache forwarding strategy , Theoretic analysis and simulation results show that proposed scheme can effectively extend the time of communication, improve the transmission efficiency.

Key words: Vanet; bus; cluster; parked vehicle; network connectivity

1 引言

车载自组网(vehicle ad hoc net-work, VANET)^[1]是未来智能交通系统的重要应用领域, 与车载自组网有关的组网技术、网络连通性、安全性等已经成为该领域的研究热点.

国内外专家学者针对车载自组网的组网技术进行了卓有成效的研究. 车载自组网是一种特殊的移动自组网, 道路的环境、车辆的密度、网络的应用等对技术的实现影响较大. 文献[2]中采用公交车作为消息传输的骨干, 可以提高消息传输效率, 但在车辆稀疏的路段则会面临网络连通性的问题. 文献[3]中提出的基于权重的簇头选择的算法, 该算法涉及最

小 ID、最高节点度及与交通相关信息(如: 邻居节点间距以及平均速度)等因素, 但没有考虑邻居的稳定性以及相向运动节点组之间关联的瞬时性, 导致该算法在簇内成员相对位置变化较频繁的场景下, 簇的稳定性不高, 维护的开销较大等问题.

为了解决车载自组网的网络连通性问题, 文献[4, 6]提出将移动的车辆通过 AP 接入 Internet, 通过 AP 的合理布局可以提高网络的连通性. 但该方法需要建立大量的基础设施, 成本过高. 文献[7]将停靠路边两侧的车辆聚集成线性簇, 选举出簇头并由簇头进行簇成员和簇内资源的管理以及消息的传输. 但是以停靠车辆作为簇头, 簇头的离开具有随机性, 簇的管理与维护较为复杂.

收稿日期: 2013—11—02; 修回日期: 2013—12—26

2 城市交通环境下一种动态组网策略

城市车载网具有网络节点移动速度快、拓扑变化频繁等特点,与传统的平面结构相比,分簇结构可以优化资源分配,提高信道利用率,更适用于城市车载网.本文针对公交车便于管理,行驶路线固定等特点,探讨以公交车为簇头的车载网的组网策略.

本文假定公交车上配备的通信设备具有特殊的 ID 号,两个无线通信接口,分别采用 802.11p 协议和 3GPP 标准;普通车辆的通信设备仅有 802.11p 协议接口.802.11p 接口用于普通车辆之间、公交车与普通车辆之间的通信,而 3GPP 接口则用于簇头(公交车)之间的通信,并且所有车辆都配备 GPS 和电子地图.

以公交车为簇头的组网方案包括簇头选举和簇内成员的动态管理两个关键技术.

2.1 簇头选举

以公交车为簇头的分簇结构车载自组网,簇头只能由配备了专门通信设备的公交车担任.普通车辆必须成为簇成员才能进行通信,当车辆申请加入簇,并在规定的时间内未收到簇头的响应时,则广播请求创建新的簇.区域内的公交车可以申请成为簇头,根据簇头选举算法确定簇头,最后由簇头广播告知区域内车辆.簇头选举思路:当只有一辆公交车申请则直接成为簇头;如果有多辆公交车申请,则通过竞争选举簇头.本文的簇头选举算法涉及车辆的权重(可担任簇头的资格评价)和设备 ID 两个因素,优选权重最高的车辆,若权重相同则选择设备 ID 最小者.

(1) 算法参数

R :表示簇头与簇头之间的通信半径;

V :表示消息传输的速度;

T_0 :表示公交车在发出竞争请求后等待的时间;

Eva :表示公交车在担任簇头期间的权重;

$$Eva = w_1 \times counter_1 + (1 - w_1) \times counter_2$$

将车载自组网中传输的消息分为两类,第一类是道路交通安全类消息;第二类是服务类消息, $counter_1$ 表示公交车担任簇头期间成功转发第一类消息的累计数, $counter_2$ 表示成功转发第二类消息的累计数, w_1 是第一类消息的比重(> 0.5).消息的累计数由车载单元中的计数器自动完成.

(2) 选举算法

① 公交车(非簇头,且与请求车辆同方向)计算

自己的权重 Eva ,广播包含 Eva 和设备 ID 的簇头申请;

② 若簇头申请车辆在时间 $T_0 = \frac{2R}{V}$ 内没有收到其他车辆的申请,则该车辆成为簇头,转 ④);

③ 若簇头申请的车辆收到来自其他车辆的簇头申请,则根据竞选规则,若自身的 Eva 最大或相同 Eva 条件下设备 ID 最小,则当选为簇头;

④ 簇头当选车辆将自己是簇头的消息广播告知其他车辆.

2.2 簇成员的动态管理

2.2.1 簇成员的加入

车辆需要传输信息时,必须申请加入簇.簇头周期性广播状态信息,车辆依据接收到的状态信息,以簇头与车辆之间的跳数来估算车辆与各簇头之间的距离及各簇头当前的成员数,计算每个簇头的综合得分,选择一个得分最高的簇申请加入.

(1) 算法参数

hop_i :表示簇头 i 与车辆之间的距离,用簇头与车辆之间的跳数来表示;

M_i :表示簇头 i 的成员数;

(2) 算法

① 普通车辆发出加入簇的请求;

② 该车辆接收并处理来自簇头的响应:

• 在规定的时间内没有收到簇头的响应,转:簇头选举算法处理流程;

• 只收到一个簇头的响应,该簇头即为所请求的簇头;

• 收到多个簇头的响应,计算每个簇头的综合得分 $S_i = \frac{w_3}{hop_i} + \frac{w_4}{M_i} (i = 1, 2, \dots, n)$, i 表示车辆通信范围内的簇头的数量(w_3 和 w_4 是影响因子), S_i 值最高者为选定的簇头;

③ 车辆广播确认所加入的簇,对应的簇头将该车辆加入簇成员表中.

2.2.2 簇成员的维护

(1) 主动退出:簇成员主动发送退出请求,簇头一旦响应了该请求就从簇成员表中删除关于该簇成员的记录.

(2) 被动退出:由于城市交通环境的影响,簇头周期性广播状态信息,若簇头在响应时间 T_w 内没有接收到簇成员回应,则表明该簇成员离开了簇头的通信范围,将簇成员表中关于这条簇成员的记录删除.这个 T_w 跟网络的规模、车辆的处理开销有

关, $T_w = 2 \times C_0 \times C_1$, C_0 表示通信的处理开销, C_1 表示传输开销, $C_1 = N_{\text{diameter}} \times \frac{R_0}{V}$, 其中 N_{diameter} 表示簇成员与簇头之间的跳数, R_0 表示车辆的通信半径, V 表示消息传输速度。

(3) 强制退出: 通过周期性的查看簇头内的计数器, 当簇处于“忙”状态时, 簇头强制簇内部分成员(指在一段时间内没有传输消息的成员)退出该簇。簇成员表中记录每个簇成员最后一次传输信息的时间 T_f 。设计一个时间阈值 T' , 若 $T_n - T_f \geq T'$ (T_n 表示当前时间), 表明该成员最近一段时间内没有传输请求, 将满足该条件的成员全部删除。

3 基于路边停靠车辆的缓存转发策略

城市交通环境下, 可能存在某些路段由于车辆稀疏而造成的车辆间通信中断问题, 本文提出了利用路边停靠车辆进行缓存转发的处理策略。本文的研究主要针对以下两种情况:

(1) 簇头(公交车)行至某交叉路口需要向其他路段发送消息时, 会请求相应路段上的簇头转发, 若没有收到簇头的响应, 则无法进行消息的发送;

(2) 行驶在同一路段上的簇头之间需要采用多跳的方式进行通信时, 由于通信协议的限制或缺少中间转发车辆, 将会造成通信中断。

3.1 交叉路口消息转发策略

当行驶至交叉路口的簇头需要向其他路段发送消息(如堵车、事故等)时, 可以直接将消息发送给相应路段上的簇头。若在当前时刻某些路段上没有簇头(规定时间内未收到簇头响应), 则无法进行消息的转发。为了保证消息的实时性, 本文提出利用路边停靠车辆进行消息转发的策略, 在相应路段的路边停靠车辆中选择一个转发代理, 并由该代理负责消息的转发。

具体步骤如下:

(1) 簇头首先通过广播方式发送消息转发请求, 要求响应该请求的车辆必须是路边停靠车辆(由车辆自行判断自己的状态);

(2) 簇头在每个相关路段上选择一个最先响应的车辆作为转发代理;

(3) 簇头将消息传送到转发代理;

(4) 转发代理在消息的生存期(T_L)内周期性广播该消息, 若消息被行驶中的某辆公交车(簇头)接收, 则该簇头将负责该消息(生存期为 T_L)的继续转发;

(5) 当转发时间 $\geq T_L$ 后, 转发代理或公交车(簇头)自动丢弃该消息。

3.2 簇间通信的缓存转发策略

不同簇成员之间通过彼此的簇头来进行通信, 簇头间的通信通常借助中间车辆以多跳方式完成, 这种方式在车辆稀疏的道路上可能会导致通信被迫中断。本文提出一种利用路边停靠车辆的缓存转发策略, 以解决车辆在稀疏路段上的通信问题。

具体步骤如下:

(1) 簇头向停靠车辆广播发送数据转发请求, 该请求包含簇头及目的车辆的位置信息, 停靠车辆根据自己的位置来决定是否作出响应;

(2) 簇头按响应时间最短为原则将消息发送至选定的停靠车辆;

(3) 停靠车辆接收到数据包后, 在生存期 T_L 内以广播方式(多跳)向目的车辆转发数据。

4 实验仿真与分析

采用 OPNET 仿真软件对本文提出的以公交车为簇头的组网策略进行仿真分析, 在特定的场景下(表1), 对以普通车辆为簇头和以公交车为簇头的两种组网策略进行对比实验。

表1 仿真参数

参数	参数值
网络通信区域	1 000 m × 1 000 m
车辆数	500
车速	最高车速为 60 km/h
公交车通信半径	300 m
普通车辆通信半径	150 m
仿真时间	1 000 s
消息包大小	1 500 byte

本实验中, 以单位时间(100 s/单位时间)内簇重构次数作为簇头选举算法的稳定性指标。程序运行 10 个单位时间。图1中给出两种算法的簇重构次数, 图2所示为端到端的时延对比分析。

实验结果可知, 由于公交车行驶路线和间隔时间的确定性, 以公交车为簇头的策略, 参与簇头选举的只有公交车, 数量有限, 簇头一旦选定, 簇相对稳定。而在以普通车辆为簇头的策略中, 车辆地位平等, 参与簇头选举的车辆数较多, 簇头的选举过于频繁, 簇的稳定性较差, 会直接影响车辆间的通信质量。

5 结束语

本文探讨了以公交车为簇头的分簇结构的组网

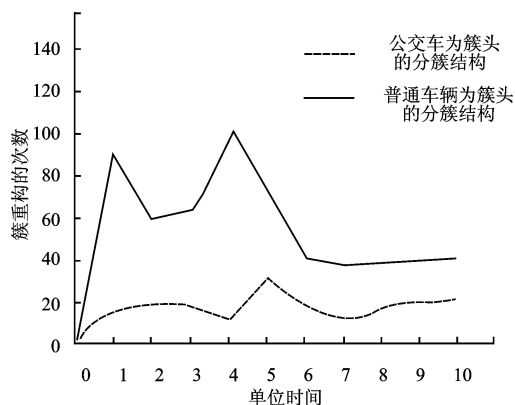


图1 簇重构次数

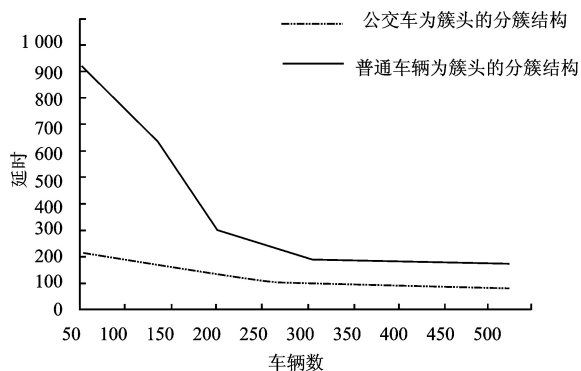


图2 延时

方法,重点研究了簇头的选举算法、簇成员的动态管理等问题,实验结果表明,本文的方法不仅在簇稳定性方面具有优势,也可以有效降低通信时延。

此外,本文提出的借助路边停靠车辆实现消息的缓存转发的策略,与使用路边基础设施的方法相比,既有效节约了部署成本,也能显著提高车辆在稀疏区域的通信质量、减少消息的丢失和时延。下一步研究的重点是高速公路环境下的组网技术和网络流通性问题。

参考文献:

- [1] 常促宇,向勇,史美林. 车载自组网的现状与发展[J]. 通信学报, 2007, 28(11): 116-126.
- [2] Vehicular Technology Conference Fall [C] // VTC 2010-Fall. Ottawa: IEEE, 2010: 1-5.
- [3] Fan, Peng, James Haran, John Dillenburg, et al. Traffic model for clustering algorithms in vehicular ad-hoc networks [C] // Proc of CCNC. [s. l.]: IEEE, 2006: 168-172.
- [4] J Eriksson, H Balakrishnan, SMadden. Cabernet: vehicular content delivery using wifi [C] // Proceeding Mobicom 08' Proceedings of the 14 th ACM international conference on Mobile computing and networking. USA, New York: ACM, 2008: 199 - 210.
- [5] Y Zhang, J Zhao, G Cao, Service scheduling of vehicle-roadside data access [J]. Mobile Networks and Applications, 2010, 15(1): 83 - 96.
- [6] Chen, Bin Bin, Mun Choon Chan. Mobtorrent: A framework for mobile internet access from vehicles [C] // INFOCOM. Rio de Janeiro: IEEE, 2009: 1404 - 1412.
- [7] N Liu, M Liu, W Lou, et al. Pva in vanets: Stopped cars are not silent [C] // INFOCOM. Shanghai: IEEE, 2011: 431 - 435.

作者简介:

沈明玉 男, (1962-), 博士, 副教授, 硕士生导师. 研究方向为网络与信息安全。

彭盼 女, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为车载自组网的组网技术及相关技术。

赵培 女, (1986-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络数据存储与访问以及相关技术。

(上接第 104 页)

决了现有 Java 应用程序临时缓存的兼容性和安全性问题. 实验表明, PCM-JA 模型在多个性能指标上均具有较好的效果。

参考文献:

- [1] 邓磊, 陈志刚, 黄键, 等. 基于 AOP 的智能 Web 缓存框架 [J]. 计算机工程, 2008, 34 (22): 283-285.
- [2] 张艳, 石磊, 卫琳. Web 缓存优化模型研究 [J]. 计算机工程, 2009, 35 (8): 85-87.
- [3] 黄敏, 蔡志刚. 缓存替换算法研究综述 [J]. 计算机科学, 2006, 33 (B12): 191-193.

[4] 林永旺, 张大江, 钱华林. Web 缓存的一种新的替换算法 [J]. 软件学报, 2001, 12(11): 1710-1715.

[5] PAN Peng, LU Yansheng. Monitoring nearest neighbor queries with cache strategies [J]. Journal of zhejiang university science, 2007, 8(4): 529-537.

作者简介:

黄学雨 男, (1970-), 硕士, 副教授. 研究方向为企业信息系统、视觉工程技术。

张茂新 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为企业信息系统。