

面向车载网的基于接收率的节点选择的多跳路由协议

郭美丽¹ 甄华² 李林峰²

¹(河南工业贸易职业学院机电工程系 河南 郑州 450000)

²(河南工业贸易职业学院计算机系 河南 郑州 450000)

摘要 VANETs 车载网是一种大型的复杂网络,具有节点高速移动、拓扑频繁变化等特性。多跳路由被广泛应用于 VANETs,其通过广播请示消息 REQ(Request)选取下一跳转发节点。然而,不断广播 REQ 降低了信道的可用性,增加了网络拥堵率。为此,提出基于 RBNS(reception rate based node selection)路由方案。该 RBNS 在决策路由时无需广播 REQ 消息,源节点只需通过每个节点的 reception rate 信息,选择下一跳转发节点。同时,REQ 仅向离目的节点近的节点方向传播,在节点的一跳通信范围仅传输一次,从而减少了路由跳数和 REQ 消息数量。仿真结果表明,RBNS 在吞吐量、数据包丢失率和数据包碰撞率方面均得到有效的提升。

关键词 车载网 多跳路由 请示消息 接受率

中图分类号 TP393

文献标识码 A

DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2015.05.077

RECEPTION RATE-BASED MULTI-HOP ROUTING PROTOCOL OF NODE SELECTION FOR VEHICULAR AD-HOC NETWORKS

Guo Meili¹ Zhen Hua² Li Linfeng²

¹(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Henan Industry and Trade Vocational College, Zhengzhou 450000, Henan, China)

²(Department of Computer Science, Henan Industry and Trade Vocational College, Zhengzhou 450000, Henan, China)

Abstract Vehicular ad hoc networks (VANETs) are a large complex networks with the characteristics of high speed nodes moving and frequent topology changes. Multi-hop routing is widely used in VANETs, it selects the forwarding node of next hop by broadcasting the requests message (REQ). However the incessant REQ broadcast reduces channel's availability and increases network congestion. Therefore, we propose the RBNS (reception rate-based node selection) routing protocol. The RBNS does not need to broadcast REQ messages when deciding the route, the source node selects the forwarding node of the next hop only requiring to go through the reception rate messages of every node. Meanwhile, REQ just spreads towards the direction of node close to the destination node and only transmits once within the communication range of one-hop of the node, so that the routing hop counts and the numbers of REQ are all reduced. Simulation results show that RBNS protocol gains effective improvement in terms of throughput, packet drop rate, and packet collision rate.

Keywords Vehicular ad hoc networks Multi-hop routing Request messages Reception rate

0 引言

近年来,车载网 VANETs 得到广泛关注。这主要基于两个事实:每年有大量的交通事故以及车辆通信标准的提出,如 IEEE802.11p^[1],专用短程通信技术 DSRC (Dedicated Short Range Communications)^[2]。研究车载网 VANETs 的目的在于有效和高效地实现移动车辆间安全、紧急消息的交互。通过安装全球定位系统 GPS 和其他传感设备,车辆能够获取移动信息,如当前的位置、速度、移动方向等。常采用广播的方式在一跳邻居车辆区域内共享车辆移动信息。从邻居车辆获取的移动信息在安全预警、路由决策方面扮演着重要的角色^[3-5]。

由于车辆的快速移动以及动态的通信环境,导致通信路径频繁断裂,阻碍车间通信的连续性和流畅性。这为 VANETs 的路由协议提出挑战。VANETs 的路由应当具有顽健(robust)、可

靠、小的传输时延以及低的网络开销特性^[6]。

近几年,研究者针对 VANETs 提出不同策略的路由机制。这些路由机制可分两类:基于位置和基于拓扑的路由。这些路由通过一系列的节点实现数据的交互。在数据传输阶段,有不断的中间节点参与数据的转发。基于拓扑路由又可分为先应式、反应式和混合式路由。按需距离矢量 AODV^[7](Ad Hoc On demand Distance Vector)路由广泛应用于 VANETs。AODV 在数据包分组率、归一化路由开销方面有较好的性能,但是其端到端传输时延、数据包丢失率要比其他的基于拓扑路由重要。

为此,提出 RBNS 的路由协议。设计 RBNS 的目的在于降低数据包丢失率,改善网络的吞吐量。RBNS 依据每个节点的 reception rate,选择下一跳转发节点。同时,数据包在源节点的

收稿日期:2013-11-08。郭美丽,讲师,主研领域:电子信息与通信工程。甄华,讲师。李林峰,副教授。

通信范围内仅转发一次,减少了通信跳数,节省了网络资源。

1 RBNS 路由协议的设计

RBNS 路由协议的核心思想在于通过车辆的接受率选取下一跳转发节点。当源节点 S 需发送数据包时,节点 S 向邻居节点发送请求消息 REQ,以收集周围车辆的信息。REQ 消息包含目的车辆 D 的身份 ID 和位置。当中间节点收到 REQ 消息后,可以计算与目的车辆 D 的距离。通过 REQ 消息,离目的节点近的中间节点将收到 REQ 消息,并转发给在目的节点方向的车辆。接收节点决定是否参与消息转发过程,不参与的话,就丢去 REQ 消息,否则,就发送确认信息 ACK 表示参与。

1.1 系统假设

RBNS 在实施的过程中进行如下假设:

- (1) 网络中所有车辆装配全球导航系统 GPS,以获取自己的位置信息;
- (2) 通过周期广播 hello 消息,节点间交互各自的位置信息,包括源节点和目的节点的位置信息。周期的 hello 消息间隔为 50ms;
- (3) 所有车辆均引用 IEEE 802.11p 协议标准,并采用专用短程通信 DSRC(Dedicated Short Range Communication)。

一旦收到 REQ 消息,中间节点首先更新 reception rate,并向源节点回复 ACK 消息。该消息包含中间节点的 ID、位置信息。源节点在其发送的每个 REQ 消息中产生了随机数,称为 nonce。通过设定 nonce 阻止邻居节点的欺骗。因为某些个体车辆可能多次回复 ACK 消息,企图堵塞网络。源节点通过设置 nonce,能预防这种欺骗行为。具体的过程见 1.5 节。

在 RBNS 中,源节点仅向离目的节点更近的节点发送 REQ 消息。如果节点 i 离目的节点的距离比源节点 S 离目的节点的距离还远的话,节点 i 将不在节点 S 的发送 REQ 消息的范围内,将被忽略。节点 i 离目的节点 d 的距离 D_i^d 可通过式(1)计算:

$$D_i^d = \sqrt{(x_d - x_i)^2 + (y_d - y_i)^2} \tag{1}$$

其中, (x_i, y_i) 、 (x_d, y_d) 分别为节点 i、d 通过 GPS 获取的地理位置坐标。通过车辆距离信息,决策路由。设定集合 A。比源节点 S 离目的节点更近的车辆将归纳到此集合中。集合 A 的更新如式(2)所示:

$$\forall i \in NA = \begin{cases} ID_i & \text{if } D_s^d > D_i^d \\ \text{skip} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

其中, N 是在源节点 S 的通信范围内,并向节点 S 回复 ACK 消息的节点数目。ID_i 表示车辆的标识。

通过式(2),使得发送了 ACK 消息节点被集合成动态的车辆集 A,如式(3)所示:

$$A = \prod_i ID_i \tag{3}$$

1.2 接受率的计算

接受率被定义为在 REQ 有效期内所接收到的 REQ 的数目 N_r ,如式(4)所示:

$$R_i = N_r \quad t \leq T \tag{4}$$

其中, T 表示 REQ 有效期。

在 RBNS 中,REQ 的有效期设定为 300 ms。设源节点发送了 REQ 数据包,该 REQ 的有效期 LT(life time)为 T。在 T 期间内,源节点的邻居节点收到 REQ 后,会转发 REQ 数据包,这样

的话,节点可能从不同邻居节点收到来自同一个 REQ 消息的多个复本。为此,节点 i 的接受率被定义为在 REQ 的数据包有效时期 T 内,节点 i 收到 REQ 的数目 $count_i$ (包括复本)。

由于 RBNS 依据接受率选择路由,须准确计算接受率的值。同时,还需防止节点的欺骗行为。某些节点可能自行增加接受率值,以造成成为下一跳转发节点的假象。

所有节点向源节点 S 回复的 ACK 消息中均含有它们的 ID,位置和接受率信息。对于给定的 A、N,车辆 j 的接受率值等于集合 B 的车辆个数。集合 B 是集合 A 的子集,比车辆 j 离源节点更近的节点归纳到集合 B。集合 B 可通过式(5)表示:

$$\forall k, j \in NB = \begin{cases} \beta_k & \text{if } D_k^j < D_j^j \\ \text{skip} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

集合 B 可通过式(6)表示:

$$B = \prod_k ID_k \tag{6}$$

如图 1 所示,源节点为 S,目的节点为 D。源节点 S 的集合 $A = \{ID_1, ID_2, ID_3, ID_4, S\}$ 。节点 $ID_3 \in A$,在集合 A 中比 ID_3 更靠近源节点 S 的车辆有 ID_2, ID_1, S 。即集合 $B = \{ID_1, ID_2, S\}$ 。因此,节点 ID_3 的接受率为 3,如式(7)所示:

$$rec_rate_j = A \cap B \tag{7}$$

同理,依据式(6)可得,节点 ID_4, ID_2, ID_1 的接受率分别为 4、2、1。

源节点 S 在选择下一跳转发节点前,先通过式(7)计算每个节点的接受率值。

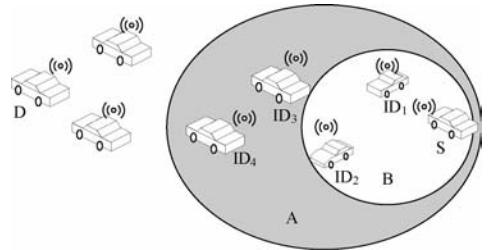


图 1 RBNS 中接受率计算示例

1.3 下一跳的选择

依据 1.2 节,源节点收集通信范围内所有节点的接受率值,并通过接受率值选择下一跳转发节点。选择过程中采用 min-max 理论,具有最大的接受率的节点将被选为下一跳。一旦选定了下一跳节点,并向下一跳节点发送了数据后,源节点将自己的状态信息发送给下一跳节点。依据式(8)选择下一跳节点 V_{NH} 。

$$V_{NH} = \max_{i \in N} rec_rate_i \tag{8}$$

通过式(8)可以选择具最大的接受率节点作为下一跳转发节点。然而系统中存在具有相同的接受率的节点。如果两个节点接受率相同,并且是最大的话,此时比较离目的节点的距离,从中选取离目的节点更近的节点作为下一跳转发节点。

RBNS 方案的流程如图 2 所示。源节点 S 依据 GPS 获取的位置信息,先向其邻居节点发送 REQ 消息。中间节点 I 存储 REQ 消息,并依据 REQ 消息更新接受率。在 300 ms 内,中间节点 I 向源节点 S 回复 ACK 消息。然后源节点从回复了 ACK 消息的中间节点中选取下一跳转发节点 F,并向该节点 F 转发数据消息 MSG。如果目的节点 D 在节点 F 的通信范围内,节点 F 直接向目的节点转发 MSG 消息。如果不在其通信范围内,节点 F 则在其通信范围内寻找新的下一跳转发节点。

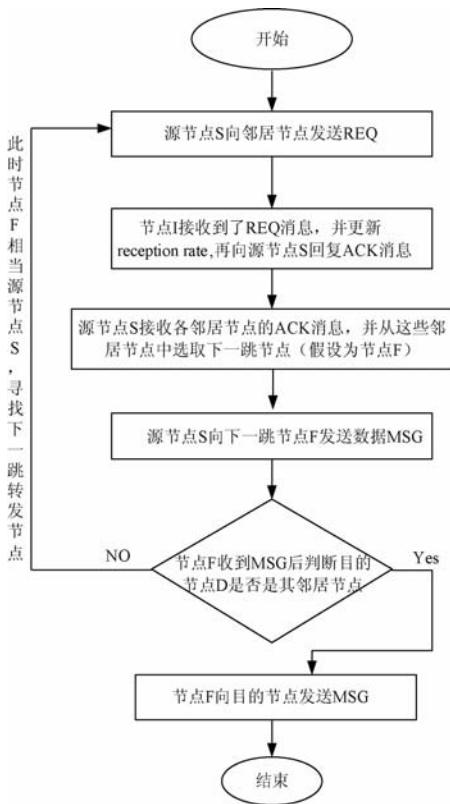


图2 算法流程图

1.4 ACK 消息的设置

为了获取高的接受率,某些节点可能重复产生 ACK 消息。为此,需设置安全机制预防此类情况。源节点 S 在产生 REQ 消息中载入随机数字 nonce。当收到来自邻居节点的确认消息时,节点 S 验证 nonce,以判断确认消息是否是真实可靠的。源节点只接收具有正确 nonce 值的确认消息。REQ 消息格式如表 1 所示。

表 1 REQ 消息格式

Node ID	Nonce	S_Position	D_Position	time
---------	-------	------------	------------	------

表 1 中 Node ID 表示节点的 ID;Nonce 由节点产生的随机数;S_Position 表示源节点的位置;D_Position 表示目的节点的位置;time 表示产生 REQ 消息的时戳。其中 time 与 Nonce 是匹配的。

收到 REQ 消息后,中间节点将向源节点回复 ACK 确认消息,并将 Nonce 加载到 ACK 消息中。ACK 的消息格式如表 2 所示。

表 2 ACK 消息格式

Node ID	Nonce	Position	time1	Rece_rate
---------	-------	----------	-------	-----------

其中,time1 表示产生 ACK 消息的时戳。Rece_rate 表示节点的接受率。

收到 ACK 消息,源节点先检测 ACK 消息中的 Nonce 和 time1 的值,并对照自己之产生 REQ 的 Nonce 和 time 的值。如果 Nonce 值一致,并且 time1-time 小于 300 ms,就接受此消息。接受之后,源节点检测 Node ID 是否是第一次发送 ACK 消息,如果是第一次发送,则认可此消息,否则丢弃此 ACK 消息。

通过这种策略,防止节点随意发送 ACK 消息,使得源节点能准确计算每个节点的接受率。

2 RBNS 的性能分析

本文利用 MOVE 产生城市街道的移动模型。MOVE 是以 SUMO^[8]为平台的开放性车辆仿真软件。所谓的车辆移动模型是指在仿真期间车辆沿着道路移动,并设置交叉路口、堵塞等情况,模拟车辆行驶的真实环境。

如图 3 所示,由 8 条水平道路、8 条垂直道路构成的城市场景。该场景有 12 交叉点。每条道路长为 1500 米,宽为 10 米。道路均是双向的单车道。规定车辆行驶的最大速度为 60 km/h。在交叉路口设有交通灯,车辆依据红绿灯行驶,且随机左、右转。通过 MOVE 产生的车辆行驶图,如图 4 所示。

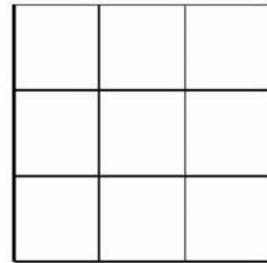


图 3 类似城市街道的 Manhattan

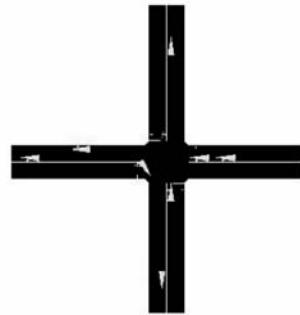


图 4 基于 MOVE 产生车辆移动示意图

在仿真过程中,将 RBNS 的路由性能与 AODV 进行比较。之所以选择 AODV 是因为 AODV 的路由决策过程与 RBNS 类似。不同之处在于 RBNS 是选择具有高的接受率的节点作为下一跳转发节点。

本节分析提出的 RBNS 的路由性能。采用网络仿真工具 NS2.34^[9]作为网络仿真平台。NS2(Network Simulator, version 2)是一种面向对象的网络仿真器,本质上是一个离散事件模拟器。由 UC Berkeley 开发而成,使用 C++ 和 Otel 作为开发语言。通过 NS2 能分析动态结构以及网络传输性能。

2.1 性能指标

为了更完善地评价 RBNS 的路由性能,本文选用以下三项性能指标。

(1) 吞吐量:表示从源节点成功传输到中间节点或目的节点的数据量。

(2) 数据包丢失率:表示丢失的数据包数与所传输的总的数据包数之比。

(3) 数据包碰撞率:表示目的节点成功接收到的数据包数与源节点所发送的数据包数之比。

2.2 网络仿真参数

采用 NS2 进行网络仿真。所有车辆的移动模型均有 MOVE 产生。具体的参数如表 3 所示。

表 3 NS2 仿真参数

参数	仿真值
仿真软件	NS2.34
仿真时间	400 Second
天线模型	全向天线
无线传播模型	双径传播模型
传输范围	250米
MAC 协议	IEEE 802.11
接口队列类型	优化队列(50 Packets)
路由协议	AODV, RBNS
仿真区域	1500 m x 1500 m

2.3 性能分析

本小节分析 RBNS 在吞吐量、数据包丢失率以及数据包碰撞率的性能,仿真结果如图 5 至图 7 所示。

图 5 显示了 AODV、RBNS 两类路由协议的吞吐量性能曲线。从图 5 可知, RBNS 的吞吐量略好于 AODV。这主要是因为消息仅向目的节点方向上的车辆发送,节省了网络资源,使得数据传输更为畅通,从而提高了系统的吞吐量。

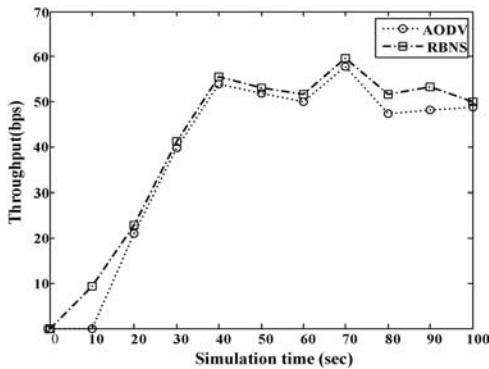


图 5 吞吐量的变化曲线

图 6 显示两类协议的数据包丢失率。从图 6 可知, AODV 的数据包丢失率远高于 RBNS。这主要是因为 AODV 中的广播风暴问题。广播风暴引起网络堵塞,加剧了数据包的丢失。而 RBNS 只向目的节点方向上的节点 REQ 消息,减少了 REQ 消息数量,占用的资源少。

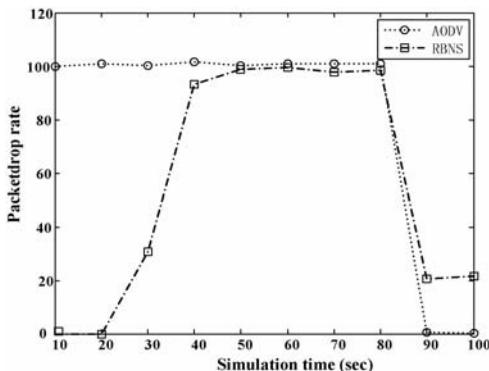


图 6 数据包丢失率的变化曲线

图 7 显示了 RBNS 和 AODV 的数据包碰撞率的性能曲线。从图 7 可知, RBNS 的平均数据包碰撞率低于 AODV,这是因为 RBNS 在路由过程中减少了消息的数量,降低了网络的堵塞率,从而使得数据包传输的更为流畅,最终降低数据包碰撞的概率。而 AODV 在路由决策时,产生了较多的数据包,而大量的数据

包会引起数据传输通道的堵塞,提升了数据包碰撞概率,最终导致数据包的丢失。

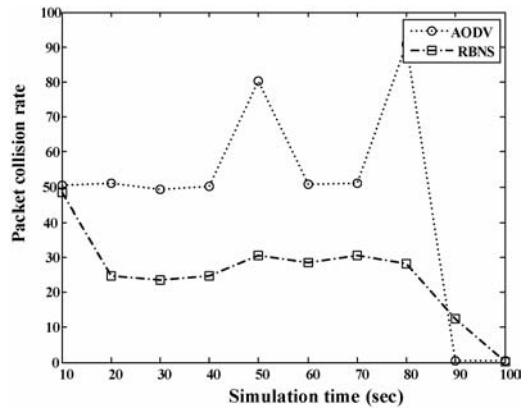


图 7 数据包碰撞率的变化曲线

3 结 语

本文提出基于 RBNS 路由方案。RBNS 通过选择性的发送 REQ 消息,降低了消息产生率和网络堵塞。在源节点的通信范围内,仅通过一个节点转发,降低了通信传输的跳数,节省了网络资源,发生广播风暴的概率也随之下降。通过与 AODV 的对比仿真,结果表明 RBNS 在吞吐量、数据包丢失率、数据碰撞率均得到有效的提升。

后期将进一步改善 RBNS 的路由性能,降低路由过程中消息的数量。

参 考 文 献

- [1] IEEE standard for information technology-local and metropolitan area networks-specific requirements-part11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications amendment 6: Wireless access in vehicular environments [S]. IEEE Std 802.11p-2010 (Amendment to IEEE Std 802.11-2007), 2010.
- [2] Yan Gongjun, Stephan Olariu. A Probabilistic analysis of link duration in Vehicular Ad Hoc Networks [J]. IEEE Transactions on intelligent transportation system, 2011, 12(4): 1227 - 1237.
- [3] Liu K, Lee V C. RSU-based Real-time Data Access in Dynamic Vehicular Systems [J]. Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 2010, 56(6): 3337 - 3347.
- [4] Noppakum Y, Phongsak K. AODV Improvement for Vehicular Networks with Cross Layer Technique and Mobility prediction [J]. Intelligent Signal Processing and Communication Systems, 2011, 8(2): 89 - 95.
- [5] Panichpapiboon S, Ferrari G, Tonguz O K. Connectivity of ad hoc wireless networks: An alternative to graph-theoretic approaches [J]. Wirel. Netw, 2010, 16(3): 793 - 811.
- [6] Dharmendra Sutariya, Shrikant Pradhan. Evaluation of Routing Protocols for V ANETs in City Scenarios [C]. International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ET-NCC), April 2011.
- [7] Perkins C, Belding-Royer E, Das S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing [R]. RFC 3561, July 2003.
- [8] MOVE (MOBility model generator for VEhicular networks): Rapid Generation of Realistic Simulation for V ANET [EB/OL]. 2007. Available at: <http://iens.l.csie.ncku.edu.tw/MOVE/index.htm>.
- [9] The ns-2 Network Simulator. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.