

Research on Related Technologies of MAC Layer in Vehicular Ad Hoc Networks

Yan Xu

School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei Anhui
Email: 657090054@qq.com

Received: May 8th, 2015; accepted: May 23rd, 2015; published: May 27th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

With the development of VANET, how to optimize the underlying communication becomes a research hot. A VANET channel optimization strategy based on hybrid channel allocation is probed. In the network congestion control, aiming at the particularity of VANET, a congestion prevention strategy based on buffer optimization is discussed. Some data packets are thrown away in buffer to relieve the pressure of buffer and reduce the possibility of network congestion. The proposed strategy is verified by simulation experiment. The experiment results indicate that channels are allocated reasonably and the network throughput is improved significantly.

Keywords

VANET, Hybrid Channel Allocation, Congestion Prevention, Buffer Optimization

车载自组网MAC层相关技术的研究

许 燕

合肥工业大学计算机与信息学院, 安徽 合肥
Email: 657090054@qq.com

收稿日期: 2015年5月8日; 录用日期: 2015年5月23日; 发布日期: 2015年5月27日

摘 要

随着车载自组网的发展,如何优化底层通信是车载自组网中研究的热点。为提高网络容量及信道利用率,

本文提出了一种基于混合分配的VANET信道优化策略。在网络拥塞控制方面,针对车载自组网的特殊性,本文提出了一种基于缓冲区优化的拥塞预防策略,对缓冲区内的消息包进行一定的丢包,尽可能地降低网络拥塞发生的可能性。最后,通过仿真实验对提出的策略进行验证。仿真结果表明:该策略合理分配了信道,显著提高了网络的吞吐量。

关键词

车载自组网, 混合信道分配, 拥塞预防, 缓冲区优化

1. 引言

随着车载自组网[1]的规模越来越大,有限通信带宽的VANET通信压力也随之增加,如何优化底层通信,使之更适应未来车载自组网的发展需求,是该领域的研究热点。美国联邦通信委员会(FCC)将5.850~5.925 GHz之间75 MHz的频段用于车载通信。具体划分为7个子信道,1个控制信道(CCH, CH178)和6个服务信道(SCH)。

现有对车载自组网信道分配的研究取得了较大的成果。文献[2]中提出静态分配策略,给所有节点的接口分配固定信道,该方法实现相对简单,但是信道一旦分配之后就不再变化,造成信道浪费。文献[3]中提出动态分配策略,该策略采用动态伪随机序列保证通信双方同步切换到相同信道上。该策略中节点能够根据网络的运行状态动态改变信道,但增加了切换开销。文献[4]中提出混合信道分配算法。接口分为静态接口和动态接口,静态接口在固定信道上接收数据,当需要与邻居节点通信时,将可切换接口切换到邻居节点的固定信道上。该策略动态切换接口可提高信道利用率,同时每个节点都有一个固定信道避免了动态信道分配中信道同步和协商过程。但存在一些不足:1)没有明确提出静态接口和动态接口的数目;2)较大广播成本。

为解决拥塞问题,文献[5]中提出基于队列的模糊拥塞控制FCCA算法,从数据缓冲区的占用情况的实际状态出发,用模糊理论来描述缓冲区占用率的状态问题,采用整体和局部相结合的方法,该模型建立时,较复杂繁琐、实现较难。基于排队队列管理是对到达的数据分组进行传输控制,包括缓冲管理和分组调度。缓冲管理是根据一定策略决定是否允许分组进入缓冲队列。常用的队列管理策略是尾部丢弃(去尾),它是在队列到达一定阈值时,不接收后续分组,直到队列小于阈值。当网络发生拥塞时,由于去尾是在队列满时才丢弃分组,会经常维持满队列状态,因此排队延迟也较大。

2. 一种混合分配的VANET信道优化策略

2.1. 接口数与信道分配策略制约关系

车载自组网拓扑结构可用无向图 $G(V, E)$ 来表示。其中, V 表示网络中的车辆节点集合, E 表示网络中直接通信的链路集合。设:

- 1) 对于 $\forall v$,配置相同数量的接口,令 R_i 表示节点 i 的射频接口数目, C_n 表示网络中信道数目,且必须保证 $R_i < C_n$ 。
 - 2) 车辆节点的接口是半双工的,即每个接口不能同时发送数据和接收数据。
 - 3) 若 A, B 为一对相邻节点,如果要通信,双方必须将接口调制到相同信道上。
- 引用鸽笼原理(重叠原理)[6],若使网络不出现网络分割,接口数 m 须满足:

$$m \geq \frac{C_n}{2} + 1$$

其中 C_n 代表信道数, 车载自组网中信道数为 7, 得出 $4 \leq m < 7$ 。通过分析, 总结如下:

- 1) 当 $m = 7$ 时, 只需将每个接口固定在各个信道上, 该策略中采用静态信道分配策略。
- 2) 当 $1 \leq m < 4$ 时, 依据鸽笼原则, 此时网络可能会出现分割, 为保证网络连通性, 采用动态信道分配策略。

3) 当 $4 \leq m < 7$ 时, 网络的连通性能有所改善, 可将部分接口采用静态信道分配, 余下的部分接口采用动态信道分配方式, 节点根据网络中流量情况, 将动态接口调制到协商好的通信信道上, 这样做既保证了通信的可靠性, 又提高了信道利用率。

2.2. 基于混合分配的 VANET 信道优化

依据鸽笼原理, 车辆接口数在保证连通性的情况下, 应满足 $m \geq 4$ 。且考虑到车载自组网中接口成本问题, 接口数目 R_i 小于信道数目 C_n , 即 $R_i < 7$ 。不失一般性, 本文在车辆接口数 m 满足 $4 \leq m < 7$ 的前提下, 探讨出一种基于混合分配的 VANET 信道优化分配策略, 旨在提高网络性能。

1) 消息包的种类

① 控制功能类消息

该类消息包较小且实时性要求高。例如管理帧、时间广播帧等等。车载自组网中控制信道正是传输该类消息, 因此将一个固定接口固定在控制信道用于传输该类消息。

② 广播类消息。

车载自组网中许多安全应用都依赖于广播操作, 且一些紧急消息需实时传输给邻居车辆。为保证传输的实时性和可靠性, 将接口固定在某个特定的信道上用于广播传输。该信道按照其用途称为广播信道。

③ 点对点消息。

该类消息是用于传输车辆间、车辆与路边设施间、车辆与路边用户间的视频传输或语音通信等, 这类消息包实时性较低, 可通过动态接口传输。消息包传输前须通过发送方和接收方协商确定某个信道后, 再将接口调制到协商的信道上进行传输。

2) 接口的分配

美国国家公路交通安全管理局、美国交通部、车辆安全通信联盟确定的八种应用以及它们的通信要求[7]。

由表 1 可以看出, 车辆间的应用主要分为点对点、点对多点、基础设施到车辆、车辆到车辆、车辆到基础设施等五种方式。例如, “左转协助” 车辆安全应用, 通过不同的通信方式来通知车辆或基础设施。

$$Q = \frac{C_{广播}}{C_{点对点}} \ll 1$$

Q 代表广播操作与点对点操作的比重。

① 当接口数为 4 时, 根据 Q 的值, 一个接口固定在控制信道上, 一个接口固定在广播信道, 两个接口作为动态信道。由表 1 可见, 点对点通信的重要性。分配两个接口作为动态接口, 使车辆间能够并行传输。

② 当接口数为 5 时, 根据 Q 的值, 三个作为静态接口, 固定接口中一个固定在控制接口, 两个固定在广播接口。剩下两个作为动态接口。

③ 当接口数为 6 时, 三个作为静态接口, 固定接口中一个固定在控制接口, 两个固定在广播接口。剩下三个作为动态接口。

接口分配策略(静态接口数 = 用于控制信道接口数 + 用于广播信道接口数), 如表 2 所示。

Table 1. Eight kinds of security applications and communication requirements

表 1. 八种安全应用及其通信要求

应用	类型	频率(Hz)	延迟(ms)	传输的数据	范围(m)
违反交通信号警告	I2V 单向, P2M	10	100	信号状态, 时间, 路面方向, 灯光位置, 天气	250
弯道速度警告	I2V 单向, P2M	1	1000	弯道位置、弯度, 限速, 倾斜过弯, 斜坡, 表面	200
紧急制动灯	车辆-车辆, 双向, P2M	10	100	位置, 减速方向, 速率	200
碰撞预警	车辆-车辆, 双向, P2M	50	20	车辆类型, 角速度, 位置, 方向, 加速器	50
左转协助	I2V, V2I, 单向, P2M	10	100	信号状态, 时间, 位置趋势, 道路地势, 速度方向	300
车道变换警告	车辆-车辆, 单向, P2M	10	100	位置, 方向, 速度, 加速度, 转弯信号状态	150
“停车”标志协助	I2V, V2I, 单向	10	100	位置, 方向, 速度, 预警	300
碰撞警告	车辆-车辆, 双向, P2M	10	100	车辆类型, 位置, 前进速度, 角速度, 加速器	150

注: P2P 表示“点对点”, P2M 表示“点对多点”, I2V 表示“基础设施到车辆”, V2V 表示“车辆到车辆”, V2I 表示“车辆到基础设施”。

Table 2. Interface assignment

表 2. 接口分配

接口总数	静态接口数	动态接口数	用于控制信道接口数	用于广播信道接口数
4	2	2	1	1
5	3	2	1	2
6	3	3	1	2

3) 信道分配规则

控制信道是车载自组网中固有的, 只需将接口固定在控制信道上。

广播信道的选择主要考虑的是信道间干扰的因素, 其选择依据如下:

① 当仅指定一个信道作为广播信道时, 选用 CH184 作为其广播信道。因为信道中一旦发生冲突, 信号叠加会干扰其他信道。因此将频段最高的信道 CH184 作为广播信道。

② 当指定两个信道作为广播信道时, 其中一个广播信道为 CH184。另一个广播信道的选择, 注意不能与控制信道 CH178 和广播信道 CH184 相邻。经排除后, 只有 CH172 和 CH184 可供选择。CH172 为最佳, 因为 CH172 为频段最低的信道, 不会被其他信道的冲突所干扰。

综上所述, 广播信道的选择是在 CH184、CH172 中选择。其中 CH184 作为主广播信道, CH172 为辅助广播信道。

3. 基于缓冲区优化的拥塞预防策略

通过为缓冲区维护着一张消息等待表, 该表中包括消息分组的身份 ID_i 、优先级 P 和开始等待时间 T_i 等字段, 如图 1 所示。将车载自组网中的消息分为三类: 紧急安全消息、非安全类消息、周期性安全消息。其优先级分别为 0、1、2, 如图 2 所示。通过消息等待表中的优先级及等待时间两个字段的加权值, 决定是否丢包。并对由丢包引起的缓冲区碎片进行管理以及消息等待表管理, 消息分组在缓冲区存放的数据结构如图 3 所示。

1) 拥塞预防算法参数:

S_i : 表示消息分组进入缓冲区开始等待时间;

T_i : 表示消息分组等待时间, $T_i = \text{当前系统时间} - S_i$;

M_i : 表示消息分组的丢包权重, $M_i = \theta \times P + (1 - \theta) \times T_i$;

消息包标识	开始等待时间S	优先级	消息包大小	起始位置
ID1	S1	P1	L1	SL1
ID2	S2	P2	L2	SL2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figure 1. Data structure of message waiting list
图 1. 消息等待表的数据结构

消息类型	优先级
紧急安全消息	0
非安全类消息	1
周期性安全消息	2

Figure 2. Message type and priority
图 2. 消息类型及优先级

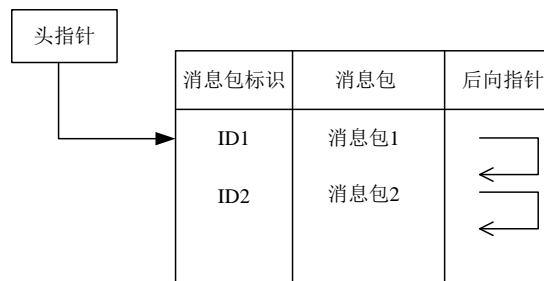


Figure 3. Data structure of buffer
图 3. 缓冲区中数据结构

综合考虑消息分组的优先级和等待时间两个因素， θ 是加权系数。 θ 的取值决定了 P 和 T 所占的比重。

2) 拥塞预防算法

① 对消息缓冲区进行检测，一旦检测到使用程度超出阈值时，转步骤②。未达到，不处理。

② 顺序扫描消息等待表，计算出 M_i 值。若 M_i 值小于阈值，保留记录及分组；若 M_i 值大于阈值，则删除表中该条记录及存放在缓冲区中的分组。具体删除分组方法，转步骤③。

③ 依据表中被删除记录的 ID_i ，查询缓冲区中实际位置。头指针指向缓冲区的第一个分组，对比 ID_i 。若不同，根据其后向指针对比下一个分组的 ID_i ，直到查找到相同 ID_i 。若相同，则停止查找，将该分组的后向指针地址赋给该分组的前一个地址。便完成删除分组过程。

3) 消息等待表及缓冲区管理

① 消息等待表管理

当有新的分组进入缓冲区，需向消息等待表中插入记录时，算法如下：

- a) 先顺序扫描表，若发现有空闲区域，则向该空闲区域中插入记录。无空闲区域，转步骤 b)；
- b) 向消息等待表的尾部插入消息分组的记录；

② 缓冲区管理

算法参数:

L_i :表示消息分组大小;

BL_k :表示空闲区域大小; $BL_k = SL_j - (SL_i + L_i)$;

定期对缓冲区进行管理, 缓冲区管理算法过程:

- a) 对缓冲区进行顺序扫描, 当扫描到有空闲区域, 转步骤 b)若无空闲不处理。
- b) 顺序扫描消息等待表, 若查找到 $L_i \leq BL_k$, 则将该消息分组移至空闲区域。转步骤 c)。
- c) 继续扫描缓冲区, 若扫描到空闲区域, 重复步骤 b)直到缓冲区中没有较大的碎片。

当有新的消息包进入缓冲区时, 缓存算法过程:

- a) 对缓冲区进行顺序扫描, 当扫描到有空闲区域, 转步骤 b)若无空闲, 则另分配空间缓存。
- b) 若查找到 $L_j \leq BL_k$, 则将消息包放入该空闲区域。

4. 仿真与分析

为验证所提策略的性能, 本文利用网络仿真器 OPNET 综合仿真在信道优化策略基础上的拥塞预防策略。将拥塞预防策略中消息分组的丢包加权系数 θ 设置为 0.6, 其他的仿真参数如图 4 所示。图 5 为网络丢包量比较, 图 6 为网络接收量比较。

参数名	参数值
MAC层	
射频接口和信道	5, 7
模拟范围	500*500
移动模型	random wave point
数据包大小	512Byte
仿真时间	150s

Figure 4. Simulation parameters
图 4. 仿真参数

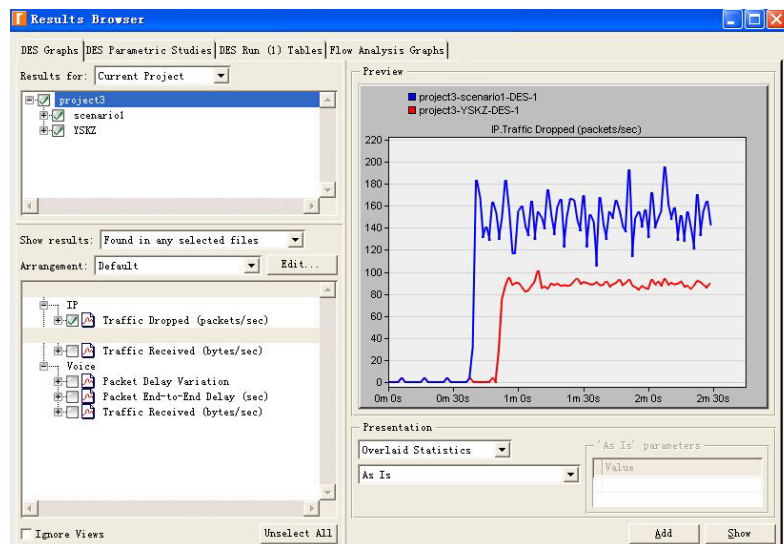


Figure 5. Compare of traffic dropped
图 5. 网络丢包量比较

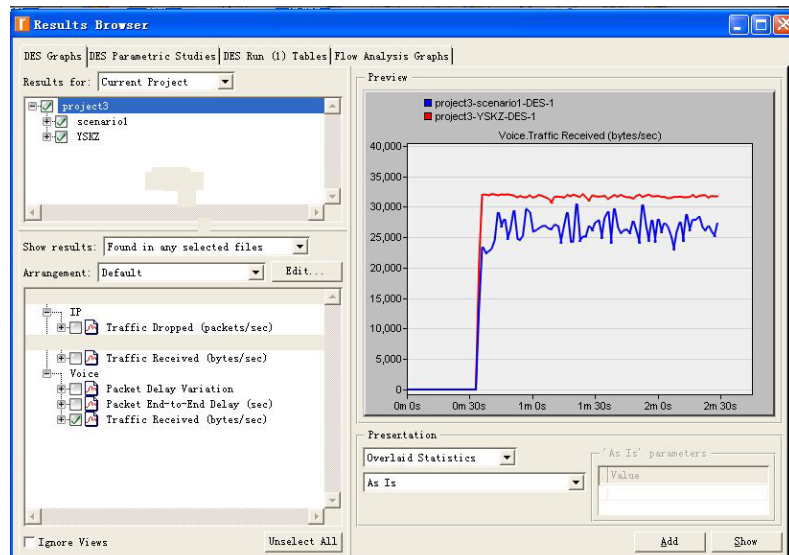


Figure 6. Compare of traffic received

图 6. 网络接收量比较

5. 总结

本文探讨了一种基于混合信道的 VANET 信道优化分配策略。重点研究了在接口数确定的情况下，分配相应数目的固定接口和动态接口及信道，能够可靠传输消息分组，均衡了信道负载，并更好地提高信道资源利用率，降低端到端的传输延迟，并达到提高网络性能的目的。

此外，本文还探讨了一种基于缓冲区优化的 VANET 拥塞预防策略。旨在预防缓冲区的局部拥塞，降低网络拥塞的可能性。最后通过仿真实验综合验证分析所提出的信道优化策略和拥塞预防策略的有效性，实验结果表明：有效提高网络中消息分组的接收量，降低了网络分组的丢包量。

参考文献 (References)

- [1] 常促宇, 向勇, 史美林 (2007) 车载自组网的现状与发展. 通信学报, 11, 116-126.
- [2] Draves, R., Padhye, J. and Zill, B. (2004) Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks. *10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, Philadelphia, 26 September-1 October 2004, 114-128.
- [3] Bahl, P., Chandra, R. and Dunagan, J. (2004) SSCH: Slotted seeded channel hopping for capacity improvement in IEEE 802.11 ad-hoc wireless networks. *Proceedings of the 10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, 26 September-1 October 2004, Philadelphia, 216-230.
- [4] Kyasanur, P. and Vaidya, N.H. (2006) Routing and link-layer protocols for multi-channel multi-interface Ad hoc wireless networks. *ACM Sigmobile Mobile Computing and Communications Review*, **10**, 31-43.
- [5] 綦朝晖, 孙济洲, 李小图 (2005) 基于队列的模糊拥塞控制算法. 软件学报, **2**, 286-294.
- [6] Zhao, T., Lu, S., Yan, W., et al. (2013) A connectivity invariant dynamic multichannel assignment method for VANET. *Communications in Computer & Information Science*, **2013**, 182-193.
- [7] 孙利民, 何云华, 周新运, 刘鸿亮, 赵茂华 (2013) VANET 车载网技术及应用. 清华大学出版社, 北京, 219-228.