

基于消息优先级的 OppIoV 拥塞控制策略

张 龙¹, 曹文静¹, 于永利²

(1 河北工程大学 信息与电气工程学院, 河北 邯郸 056038;

2 北方联合电力有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘 要: 针对机会车联网的网络拥塞问题, 提出了一种基于所传输消息优先级的车辆节点拥塞控制策略. 当车辆节点存储空间不足而又需要存储新的消息时, 该车辆节点内的所有消息按照其优先级由高到低排列, 丢弃优先级最低的消息, 直至有存储空间来接收新的消息. 通过大量的仿真实验与传统的丢弃策略对比, 该拥塞控制策略能显著提高消息的递交率, 减小开销, 并对网络拥塞状况有更好的自适应能力.

关键词: 机会车联网; 拥塞控制; 优先级; 递交率; 开销

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)01-0011-04

OppIoV Congestion Control Strategy Based on Message Priority

ZHANG Long¹, CAO Wen-jing¹, YU Yong-li²

(1 College of Information and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China; 2 North United Power Co., LTD, Hohhot 010020, China)

Abstract: For network congestion of Opportunistic Internet of Vehicle, a congestion control strategy of vehicle nodes based on the priority of the message transmission is proposed. When the storage space of vehicle nodes is insufficient and need to store the new messages, all messages within the vehicle nodes according to their priority from high to low arrangement, dropped the lowest priority message, until there is storage space to receive a new message. Through a lot of simulation experiments and compared with traditional discarded strategies. The congestion control strategy can significantly increase the messages submitted rate, reduce overhead, and has better adaptive ability of network congestion situation.

Key words: Opportunistic Internet of Vehicle; congestion control; priority; submitted rate; overhead

1 引言

车联网(Internet of Vehicles)是面向车辆的移动物联网, 利用车载物联网终端, 通过高动态组网、移动互联网、智能终端设备、多传感器信息融合以及信息网络平台等手段, 实现对车、人、物、路、位置等进行有效的智能化监控、调度、管理、调节^[1]. 容迟容断网络(Delay and Disruption Tolerant Network, DTN)是在星际互联网等研究中提出的面向链路大延迟和间断连接的网络技术^[2]. DTN 技术可以应用于一些被称为“机会网络”^[3](Opportunistic Net-

works)的特殊网络中. 这些网络通信链路频繁中断、延时大、误码率高的特征, 从而使端到端的通信无法完成. 车联网满足机会网络的上述特征, 是 DTN 的一种特殊场景. 因此, 本文把这种实现车与车之间互相通信的网络称为机会车联网(Opportunistic Internet of Vehicle, OppIoV).

在 OppIoV 中, 由于车辆节点移动速度快, 链路频繁中断, 整个网络会常出现不连通状况. 因此, 传统的无线自组织网络的路由协议不能应用于 OppIoV^[4], 所以在 OppIoV 中常使用“存储-携带-转发”的方式来传递信息^[5]. 随着时间的增加,

收稿日期: 2014-03-09; 修回日期: 2014-05-03

基金项目: 河北省自然科学基金(F2013402039); 河北省高等学校科学技术研究项目(QN20131048)

累积在某一车辆节点处的消息越来越多,因此极易出现由于车辆节点缓存空间不足,进而发生网络拥塞,使 OppIoV 的递交率急剧下降及平均延迟和开销迅速上升.为了改善 OppIoV 的各项网络性能,进行拥塞控制至关重要.拥塞控制策略可分为主动和被动两种^[6].主动拥塞控制策略一般指接入控制,以避免在开始处发生网络拥塞.被动拥塞控制策略主要基于保管传输协议^[7],即为了保证保管传输的消息的顺利传输而丢弃非保管传输的消息.基于 OppIoV 的网络特征,被动的拥塞控制策略更适合 OppIoV.由于 OppIoV 是 DTN 的一种特殊场景,目前针对 OppIoV 拥塞控制的相关研究较少,因此可以借鉴 DTN 的拥塞控制策略来解决 OppIoV 的网络拥塞问题.

在 DTN 的相关研究中,在文献^[8]中较早地涉及了拥塞控制,MaxProp 路由协议在此文献中被提出.文献^[9]中提出了 N-Drop 拥塞控制策略.其他涉及通过丢弃报文来达到拥塞控制的策略表现较好的有两个:(1)Drop Front(DF),优先丢弃拥塞节点缓存空间中存储时间最长的报文^[10];(2)Drop Oldest(DO),优先丢弃缓存空间中剩余生命时间最小的报文^[11].由于这两种拥塞控制策略优先丢弃的都是网络中生存时间比较长的报文,丢弃它们对网络的递交率影响最小,同时解决了网络拥塞问题.

基于以上研究,本文提出基于消息优先级的拥塞控制策略.

2 基于消息优先级的拥塞控制策略

2.1 消息优先级概念

为了更加直观地衡量消息被成功递交的可能性,本文提出了消息优先级的概念.消息优先级越高的消息被递交的可能性越大,当 OppIoV 发生拥塞时,针对拥塞车辆节点采取依次丢弃消息优先级最低的消息的策略,直到车辆节点的缓存足以接收新到达的消息.

2.2 消息优先级算法

由于消息的优先级与传播时间和传输距离相关,本文提出了一个基于时间和距离的消息优先级计算方法. OppIoV 中所传输的消息,不仅在时间上是敏感的,在传输距离上同样是敏感的.同一消息的传播对不同时刻不同位置的车辆用户来说,其紧急程度是不同的,会随着传播时间和传输距离的增加而减少.综上,本文提出了一个时间距离相关性函数来描述消息优先级的变化特性:

$$g = ag_1(\Delta t) + bg_2(d) + \theta, (a \leq 0, b \leq 0) \quad (1)$$

其中,

$$\Delta t = t_r - t_s \quad (2)$$

$$d = \sqrt{(x_r - x_s)^2 + (y_r - y_s)^2} \quad (3)$$

在式(1)中, g 代表消息的优先级, Δt 为消息经过传播到发生网络拥塞的车辆节点的传播时间, d 为消息经过传播到发生网络拥塞车辆节点的距离, $g_1(\Delta t)$ 和 $g_2(d)$ 分别是 Δt 和 d 的严格增函数, (x_r, y_r) 为消息产生时车辆的位置坐标, t_r 是消息发生的时间, (x_s, y_s) 为发生网络拥塞的车辆所处的位置, t_s 为其发生的时间, a 代表消息传播时间的衰减因子, b 代表消息传输距离的衰减因子, a 和 b 都为非正数, θ 代表消息的初始优先级,其取决于消息本身的重要性.

设定 $g_1(\Delta t) = \Delta t^2$ 、 $g_2(d) = d$,函数 g 代表消息的动态优先级.对于代表消息初始优先级 θ 的设定,将在下文介绍.

在 OppIoV 中,每一个消息都有其生存时间和影响范围.如果一个消息传播范围超出了它的影响范围,就是增加了网络负载.因此,每个消息都被设定了初始生存 t_s 、传输距离边界 d_s .其初始优先级可以被表示为

$$\theta = -\frac{a}{2}t_s - \frac{b}{3}d_s \quad (4)$$

把式(4)带入式(1)中,可得

$$\begin{aligned} g &= ag_1(\Delta t) + bg_2(d) - \frac{a}{2}t_s - \frac{b}{3}d_s \\ &= a\Delta t^2 + bd - \frac{a}{2}t_s - \frac{b}{3}d_s \end{aligned} \quad (5)$$

2.3 DLP 拥塞控制策略

本文提出了丢弃最低优先级(Drop Lowest Priority, DLP)拥塞控制策略.其主要内容是当车辆节点接收到新消息时,首先检测自身缓存空间是否充足,能否有能力存储新消息.如果有,则将新消息存储在该车辆节点缓存中,等待转发;如果该车辆节点的缓存不足以存储新消息,则说明其发生了拥塞,接下来启动拥塞控制.先计算该车辆节点缓存中各消息的优先级,并按由高到低的顺序排列,然后逐一丢弃优先级最低的消息,直至其有足够的缓存空间来存储新的消息.

3 仿真结果及分析

3.1 仿真环境配置

该实验场景采用 The ONE 仿真器自带的芬兰

首都赫尔辛基 (Helsinki) 的地图模型, 地图的大小为 $4\,500\text{ m} \times 3\,400\text{ m}$. 仿真中放置 100 个车辆节点, 其缓存大小为 25 MB, 仿真过程持续 12 小时. 其他参数的设置如表 1 所示.

表 1 仿真参数

节点种类	车辆
节点数量	100
消息间隔/s	[25,35]
消息大小/kb	50
等待时间/s	[0,120]
缓存大小/MB	25
移动模型	基于地图最短路径
消息传输速率/(MB/s)	2

仿真实验中, 本文考虑了 OppIoV 中四种类型的消息: 交通事故 (TF)、盗抢消息 (ST)、刹车警告 (BK)、拥堵消息 (CG). 其仿真参数见表 2.

表 2 四类消息的仿真参数

OppIoV 应用	d_s/km	t_s/s	a	b	θ
TF	4	10	-20	-0.3	500
ST	3	8	-80	-7.5	1 170
BK	1	3	-100	-7.5	1 400
CG	5	5	-40	-0.3	600

3.2 仿真结果分析

3.2.1 OppIoV 中四种路由的网络性能随时间的变化

如图 1 所示, DF 为丢弃车辆节点中缓存时间最长消息的拥塞控制策略, DO 为丢弃车辆节点中剩余生命周期最小的消息的拥塞控制策略, DLP 为本文提出的基于消息优先级的拥塞控制策略, 以上三种拥塞控制策略都是基于蔓延路由^[12]协议的, 因此具有比较直观的可比性, Prophet 是概念路由协议^[13].

从图 1 可以看出, 本文提出的 DLP 拥塞控制策略在消息递交率方面表现最好. 实验进行到 45 ks 时, 消息的递交率已经达到了 90%, 而 DF 与 DO 拥塞控制策略刚达到 80.1%. 因此 DLP 和 DF、DO 相比在消息递交率方面相差比较大, 这说明 DLP 是更好的拥塞控制策略. 三种有关丢弃的拥塞控制策略在消息递交率方面都优于 Prophet.

从图 2 可以看出, 随着时间的进行, 可以看出本文提出的 DLP 拥塞控制策略和 Prophet 的开销明显低于 DF 和 DO, 而且在 12 ks 后趋于稳定值. 这是因为基于蔓延路由的 DLP 首先通过 ACK 丢弃冗余的消息, 再通过计算消息的优先级丢弃优先级最低的消息, 这样就会很大程度上降低了 OppIoV 的网络开销.

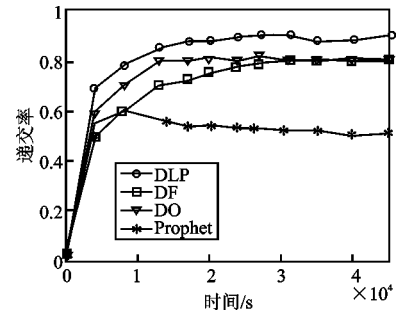


图 1 递交率随时间的变化

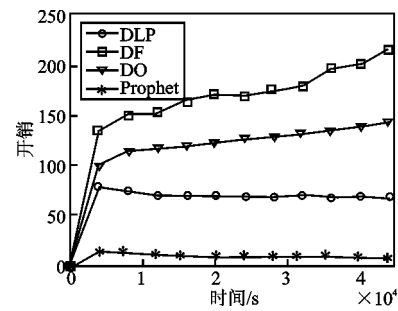


图 2 开销随时间的变化

从图 3 可以看出, 本文提出的 DLP 拥塞控制策略随着时间进行平均延迟逐渐趋于稳定值, 在 12 ks 后基本不变; 而 DO、DF 和 Prophet 随着时间的进行延迟越来越大. 因此 DLP 拥塞控制策略在延迟方面表现同样优越.

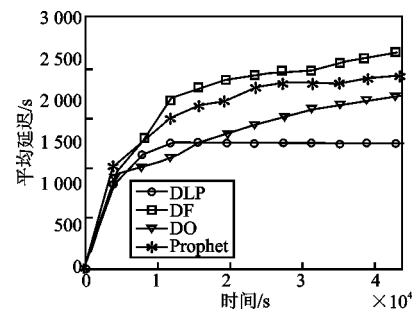


图 3 平均延迟随时间的变化

3.2.2 OppIoV 中四种路由随缓存大小的变化

从图 4~6 所示的仿真结果可以看出, 本文提出的 DLP 拥塞控制策略随着车辆节点缓存空间的变化, 递交率、开销和平均延迟的变化不大, 且逐渐趋于一个比较稳定的值. 这就说明 DLP 拥塞控制策略中, 递交率、开销和平均延迟对车辆节点缓存空间变化的适应能力很强, 可以很好地适应车辆节点缓存受限的情况; 而 DO 随着缓存空间的变化, 开销和平均延迟变化不大, 逐渐趋于稳定值, 但相比于 DLP, 还是差很多. DO 递交率随缓存变化很大, 且不能达

到一个较优的值,说明 DO 不能适应车辆节点缓存受限的情况. DF 和 Prophet 随着缓存空间的变化,递交率、开销和平均延迟的变化很大,且不能达到较优的值,说明他们对车辆节点缓存空间变化的适应能力较弱,不能很好地适应缓存空间受限的情况.

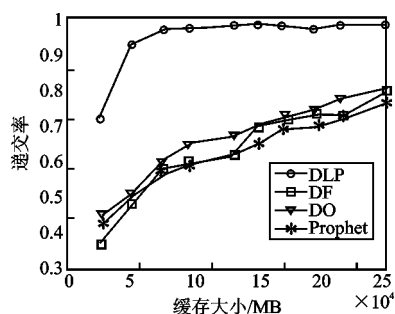


图 4 递交率随缓存大小的变化

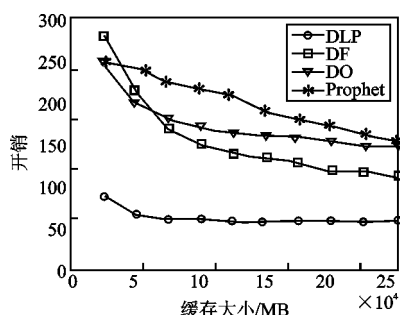


图 5 开销随缓存大小的变化

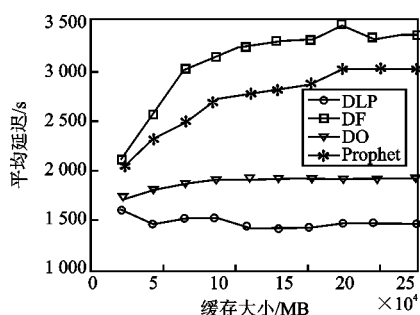


图 6 平均延迟随缓存大小的变化

上述仿真结果都是基于真实的仿真环境和参数配置,在有关于 DF 和 DO 的仿真结果中可以看出,蔓延路由协议在这种环境中表现不是很好.但是在加入了本文提出的 DLP 拥塞控制策略后,对 OppIoV 各项网络性能都有了很好的改善.

4 结束语

本文提出了 OppIoV 中基于消息优先级的 DLP 拥塞控制策略.由仿真结果可以得出,DLP 拥塞控制策略通过合理丢弃拥塞车辆节点中缓存的消

息,减少了 OppIoV 中冗余的消息,很好的改善了 OppIoV 的递交率、开销和平均延迟.说明了本文提出的 DLP 拥塞控制策略能够更好地改善 OppIoV 的网络拥塞状况,并能很好地适应网络拥塞.

参考文献:

- [1] 王景欣,王钺,耿军伟,等.基于匿名互换的车联网安全与隐私保护机制[J].清华大学学报:自然科学版,2012,52(5):592-597.
- [2] 张永晖,林漳希,蒋新华,等.基于位置的开放式容迟网络路由算法[J].微电子学与计算机,2012,29(9):87-90.
- [3] 熊永平,孙利民,牛建伟,等.机会网络[J].软件学报,2009,20(1):124-137.
- [4] Miguel Sepulcre, Javier Gozalvez, Hannes Hartenstein, [J]. IEEE Communications Letters, 2010, 14 (10):951-953.
- [5] Trishita Ghosh, Sulata Mitra. Congestion control by dynamic sharing of bandwidth among vehicles in VANET[C]// IEEE International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. India, Kochi, 2012:291-296.
- [6] 樊秀梅.容迟网络的体系结构及关键技术[EB/OL]. [2006-12-06]. <http://www.paper.edu.cn>.
- [7] Burleigh S, Hooke A, Torgerson L, et al. Delay-tolerant networking: An approach to interplanetary internet[J]. IEEE Communications, 2003(6):128-137.
- [8] Burgess J, Gallagher B, Jensen D, et al. Maxprop: routing for vehicle-based disruption tolerant networks[C]// Proc IEEE Infocom, Barcelona, Spain, 2006:1-11.
- [9] Li Yun, Zhao Ling, Liu Zhanjun, et al. N-Drop: congestion control strategy under epidemic routing in DTN [C]// Proceedings of 2009 International Conference. New York, 2009:457-460.
- [10] Zhang X. Performance modeling of epidemic routing [J]. The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 2006(51):2867-2891.
- [11] Krifa A, Baraka C, Spyropoulos T. Optimal buffer management policies for delay tolerant networks[C]// 5th Annual IEEE Communications Society Conference, SECON'08, San Francisco, CA, 2008:260-268.
- [12] Vahdat A, Vahdat D. Epidemic routing for partially connected adhoc networks[R]. San Diego: University of California, 2000.
- [13] Lindgren A, Doria A, Schelen O. Probabilistic routing in intermittently connected networks[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2003, 7(3):179-182.

(下转第 18 页)

64 级流水线结构的 SM3 算法, 使用了 QuartusII 9.1 软件. 在 Altera 的 CycloneIV 系列器件环境下进行仿真和编译综合, 采用大量输入 64 组明文消息组进行了功能验证, 均得到正确结果.

表 1 所示为完成整个流水线的资源占用情况, 同时对比 SHA-1 流水线实现和单级 SM3 算法实现. 从表中可知, 采用 64 级流水线结构的 SM3 算法有着非常大的吞吐率, 对于同时处理大量明文加密的情境下有着极大的效率. 但此方案的缺点是寄存器开销也相应增加.

表 1 SM3 流水线实现和单级实现方式性能对比

	最高时钟/MHz	吞吐量/(Gb/s)	逻辑资源
本文	191	73.54	76.3×10^3
文献[4]SM3	92.5	0.7	1.79×10^3
文献[5]SM3	197.2	1.483	328 slices

5 结束语

本文提出了流水线结构 64 级全级展开方式进行了 SM3 算法的硬件实现, 通过优化关键路径提高了 SM3 算法压缩模块的计算速度. 最终的实验结果获得了 73.54 Gb/s 的高吞吐率. 本设计在同时并行处理多组消息的环境有着显著地优化效果, 比单级 SM3 实现吞吐率提高了 49.6 至 66.5 倍.

参考文献:

[1] 黄淳, 白国强, 陈弘毅. 快速实现 SHA-1 算法的硬件

结构[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2005, 45(1): 123-125.

- [2] 李磊, 韩文报. FPGA 上 SHA-1 算法的流水线结构实现[J]. 计算机科学, 2011, 38(7): 58-60.
- [3] 杨晓辉, 戴紫彬. 基于 FPGA 的 SHA-256 算法实现[J]. 微计算机信息, 2006 (Sup4): 146-148.
- [4] 郭文平, 刘政林, 陈毅成, 等. 高吞吐率, 低能耗的 SHA-1 加密算法的硬件实现[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(5): 76-79.
- [5] 陈华锋. 高速 SHA-256 算法硬件实现[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2009, 36(6): 675-678.
- [6] 王晓燕, 杨先文. 基于 FPGA 的 SM3 算法优化设计与实现[J]. 计算机工程, 2012, 38(6): 244-246.
- [7] 刘宗斌, 马原, 荆继武, 等. SM3 哈希算法的硬件实现与研究[J]. 信息安全, 2011(9): 191-193.
- [8] 丁冬平, 高献伟. SM3 算法的 FPGA 设计与实现[J]. 微型机与应用, 2012, 31(5): 26-28.
- [9] 国家商用密码管理办公室. SM3 密码杂凑算法[EB/OL]. 国家密码管理局公告第 22 号文件. (2010-12-11). <http://www.oscca.gov.cn/UpFile/20101222141857786.pdf>.

作者简介:

蔡冰清 女, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为 SM3 杂凑算法硬件实现及相关算法的 HMAC 功耗攻击. E-mail: bingqingcc@hotmail.com.

白国强 男, (1963-), 副教授, 博士生导师. 研究方向为信息安全.

(上接第 14 页)

作者简介:

张 龙 男, (1983-), 博士, 硕士生导师. 研究方向为认知自组织网络、机会车联网.

曹文静(通讯作者) 女, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为车联网. E-mail: cwjhome@126.com.

于永利 男, (1986-). 研究方向为电气 PLC.