

基于定向传输的车联网隐藏与暴露终端问题优化方法研究

孙艳琴, 熊庆国, 李文翔

(武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081)

摘 要: 为了降低车联网中固有的隐藏/暴露终端问题会给车际通信带来潜在的冲突, 利用道路的单向性, 根据位置信息和定向天线, 设计降低通信冲突的单信道传输调度方案, 包括邻近节点相对位置的识别和通告方法、邻近节点传输状态的识别方法, 及定向传输调度方法。通过 NS-2 平台下的车联网仿真实验, 表明此方案能有效发现网络中存在的隐藏/暴露终端节点, 减小通信冲突的发生, 并提升网络性能。

关键词: 车联网; 暴露终端; 隐藏终端; 定向天线

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)08-0090-04

Directional Transmission Based Optimization for the Hidden and Exposed Terminal Problems in Inter-vehicular Communications

SUN Yan-qin, XIONG Qing-guo, LI Wen-xiang

(School of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: The intrinsic problems of hidden/exposed terminal may bring about threat of conflict in inter-vehicular communication, and thus decrease network throughput. In this paper, we take the unidirectional feature of road into consideration, design single-channel transmission scheme for decreasing communication conflicts with position information and directional antenna, including the identification and notification of relative positions among adjacent nodes, the identification of node transmission state, and the method of directional transmission scheduling. By simulation experiments of inter-vehicular communication in NS-2, we verify that this scheme can discern the hidden/exposed terminal nodes and decrease conflicts effectively, and thus improve network performance.

Key words: inter-vehicular network; exposed terminal; hidden terminal; directional antenna

1 引言

近年来, 车联网 (Inter-Vehicular Network)^[1] 作为一种特殊的 Ad hoc 网络, 能提供便捷的无线互联与接入, 扩大网络覆盖范围, 提供驾驶安全、信息查询、移动办公等功能, 成为一个新兴的研究领域。由于在相对狭窄的道路中节点的通信路径重叠覆盖程度很高, 故车际通信更容易产生冲突, 有必要针对其中的隐藏终端和暴露终端问题设计有效的应对处理方法, 提升空间的有效利用率。本文设计了面向车际通信的单信道定向传输调度方案 (Directional Optimization for Hidden and Exposed Terminal,

DOHET), 能有效识别潜在的通信冲突, 选择合适的时机进行数据传输, 克服隐藏/暴露终端节点对通信造成的影响。

2 隐藏/暴露终端问题

隐藏终端是指在发送者的通信范围之外, 而在接收者的通信范围之内的终端。隐藏终端因听不到发送节点的传送而试图与接收节点通信, 造成消息冲突。暴露终端是指在发送者的通信范围内, 而在接收者的通信范围之外的终端。暴露终端因能够听到发送节点的发送而可能延迟发送, 但因为它在接收节点的通信范围之外, 它的发送实际上并不会造成

收稿日期: 2012-11-09; 修回日期: 2012-12-12

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61104615)

冲突,这就引入了不必要的延迟,阻止了信道利用率的提高.如图1所示,当节点 $(i-1)$ 向 i 发送消息时, $(i+1)$ 处在接收节点 i 的信号覆盖范围之内,成为隐藏终端,当 i 向 $(i-1)$ 发送消息时, $(i+1)$ 处在发送节点 i 的信号覆盖范围之内,成为暴露终端.

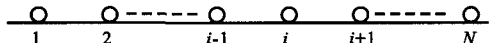


图1 一维车联网拓扑

3 相关研究工作

目前很少有针对车联网中隐藏/暴露终端问题的研究,有一些针对一般 Ad hoc 网络的相关研究.已知在单信道(单 Radio)条件下,Ad hoc 网络的隐藏/暴露终端问题无法得到根本解决^[2].较早的研究^[3]对 IEEE 802.11 的 DCF 协议加以改进,使节点识别自己是否是暴露终端,并采用机会调度法展开同步传输,这样提升信道的利用率,但仍存在通信冲突的可能性.文献^[4]中采用双忙音方式解决隐藏/暴露终端问题,需要多信道技术和相关硬件支持.文献^[5]中设计了冲突图(CMAP)系统,相比 CSMA 方案能显著提升吞吐量,包括一个反应式的基于丢包率的动态信道接入方案,其缺点在于丢包率这个指标不能够客观体现信道冲突,在车际通信环境下,这个问题更加突出.

文献^[6]中在之前提出的载波感知范围动态调整方法的基础上,提出一种补偿优化方法,其中首先通过离线训练过程发现相关问题链路,接着通过 RTSS 和 CTSS 消息实现同步通信的协调.该方案对分布式 MAC 协议进行改进实现,且不需要节点间的时间同步.文献^[7]中针对静态的 Ad hoc 网络,提出 SB-FSMA/CA 方案,对 2 跳内邻节点采集数据包的信号强度,计算进行中的通信与待开展通信的相关系数,只有相关系数低于阈值的条件下才允许开展新的通信.文献^[8]中采用了基于移动 Agent 的 MAC 协议,移动 Agent 收集网络的动态变化信息,用于缓解隐藏/暴露终端问题,但该方案仍多适用于动态性较弱的网络.文献^[9]中设计了针对暴露终端问题的、基于局部拓扑的并发传输算法,其中暴露终端节点通过局部拓扑判断并发传输是否冲突,并通过同步算法完成并发传输.文献^[10]中提出了基于分组反向传输路径选择并发传输节点对的方法,根据现有的路径确定潜在的暴露终端及可以进行并发传输的目的节点.以上几种方法需要相对复杂的网络状态信息,适用于较大规模、移动性较弱的自组织网络,在高速移动的车联网中难以实现.而文

献^[11]中指出了解决相关问题的 4 种思路:RTS/CTS 机制、多信道、功率控制和定向天线.

本文利用车联网拓扑的一维线性特征,面向隐藏终端问题和暴露终端问题,基于节点的实际相对物理方位,设计面向高速动态环境的单信道定向传输调度方案.

4 车联网数据传输调度方案

4.1 基本思想

在同一个信道内,当存在多路通信同步进行时,在空间上没有重叠交集的通信可以同步进行.考虑到车际通信中,数据传输方向与车辆行驶方向是同向或反向的,故每个节点可维护一个一维坐标模型体现拓扑信息,在其中识别邻近节点的相对方位,根据收到数据包中的节点位置信息判断同步通信可能存在的冲突,并采用定向天线在不重叠空间中展开通信,减小对无关节点的通信干扰.

4.2 基于一维拓扑模型的节点定位

如图1所示的车联网拓扑,在长为 L 的路段有 N 个节点,用数字1至 N 标识各节点的位置,位置 i 的节点向其后方的节点告知其所知的 K 个节点的相对位置.令位置 i 的节点的标识为 $ID(i)$,以矢量 $\{ID(i-K+1), ID(i-K+2), \dots, ID(i-1), ID(i)\}$ 体现这 K 个节点的相对位置,其中排在第一位的节点的矢量可由路边服务单元 RSU 或节点自身初始化为空矢量,代表其前方无节点.

采用后向定向天线发送或 RSU 转发 1 跳 Beacon 消息的方式对方节点实现位置通告,在 Beacon 消息的扩展参数域添加相对位置矢量字段,如图2所示.每个节点可能收到多条通告消息,选择消息中节点的交集,可获知在其前方的多个节点的信息,并保留离其最近的 K 个.

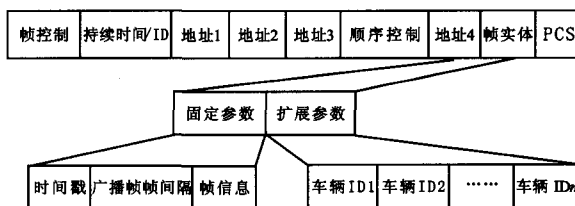


图2 面向节点位置信息通告的改进 Beacon 帧结构

4.3 同步通信状态识别

节点 T 在监听消息时采用全向天线,在发送消息时采用定向天线.对监听到的数据包,可识别其中的目的节点 src 和源节点 dst ,令 $Pos(i)$ 表示节点 i 的位置编号,如果节点 T 在其前邻节点列表中找不到 src ,就说明 src 在其后方, $ID(src) > ID(T)$,对

dst 也存在类似关系. 三个节点的相对位置关系和对应的节点 T 状态如表 1 所示. 如果 T 的位置在 src 和 dst 之间, 则其作为通信的中继节点, 不可能再发起通信, 否则有可能在不重叠的空间发起新的通信, 对 dst 和 src 都在 T 前方的情况, 还可进一步识别 T 是隐藏终端还是暴露终端.

表 1 通信节点位置关系与监听节点状态的关系

相对位置	节点 T 状态
$Pos(src) > Pos(T), Pos(dst) > Pos(T)$	不定
$Pos(T) > Pos(dst) > Pos(src)$	隐藏终端
$Pos(T) > Pos(src) > Pos(dst)$	暴露终端
$Pos(src) > Pos(T) > Pos(dst)$	中继节点
$Pos(dst) > Pos(T) > Pos(src)$	中继节点

4.4 无冲突通信调度方法

如果节点 T 有数据需要传输, 在进行了监听并掌握邻节点位置和通信状态的基础上, 可采取如下的调度方案:

(1) 如果 $Pos(src) > Pos(T) > Pos(dst)$ 或 $Pos(dst) > Pos(T) > Pos(src)$, 则节点 T 继续作为中继节点, 直到 src 到 dst 之间的通信结束.

(2) 如果 $Pos(src) > Pos(T)$ 且 $Pos(dst) > Pos(T)$, 说明通信发生在 T 的后方, T 可用定向天线向其前方的节点发起通信.

(3) 如果 $Pos(T) > Pos(dst) > Pos(src)$ 或 $Pos(T) > Pos(src) > Pos(dst)$, 说明通信发生在 T 的前方, T 可用定向天线向其后方的节点发起通信.

5 基于仿真实验的方案性能评估

5.1 仿真实验设置

本文在 NS-2 平台下进行仿真实验^[12], 比较本文所提出方案 DOHET 与传统通信方式 OmniTrans 的性能. 网络拓扑含直线道路上的 8 个等间距节点, 顺序编号为 0、1、2、...、7, 按相同速度 (20 m/s) 沿同方向行驶, 传输半径设为节点间距的 1.5 倍, 形成 4 对同步通信, 分别是, f1: 节点 0←节点 1、f2: 节点 2→节点 3、f3: 节点 4←节点 5、f4: 节点 6→节点 7. 路由协议采用 AODV, 拓扑场景为 2 000 m × 400 m 的平面区域, 仿真时间持续 50 s, 设定从源点到汇点的传输速率从轻载 0.1 Mb/s 增到重载 1 Mb/s, 每次增大 0.1 Mb/s, 其他网络参数采用默认值.

5.2 仿真实验结果分析

在仿真实验中所研究的性能指标包括网络层的包交付率 PDR 和分组平均发送延时 DELAY. 结果如图 3、图 4、图 5 所示. 采用传统全向方式进行通信

时, 相邻的发送节点 1 和 2 之间、发送节点 5 和 6 之间、及接收节点 3 和 4 之间都可能发送通信冲突, 而采用定向方案后, 在合适的传输半径下, 理论上 4 路通信在数据发送时都不会相互干扰. 从图 3、图 4 中可看出, DOHET 方案的 PDR 一直高于 OmniTrans, 且 DELAY 一直低于 OmniTrans; 随着源点发送速率的增加, 数据包拥塞情况加重, 两种方案的 PDR 则一直下降, 而 DELAY 则呈现上升的趋势.

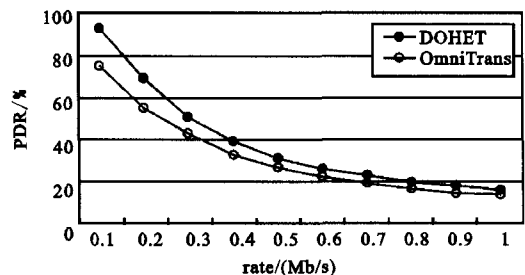


图 3 两种方案的包交付率比较

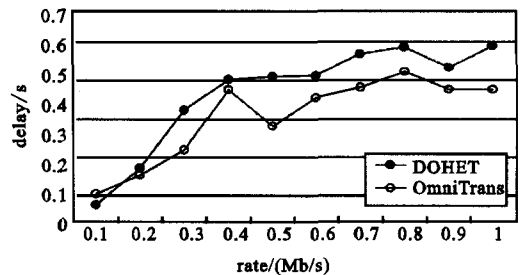


图 4 两种方案的平均端到端时延比较

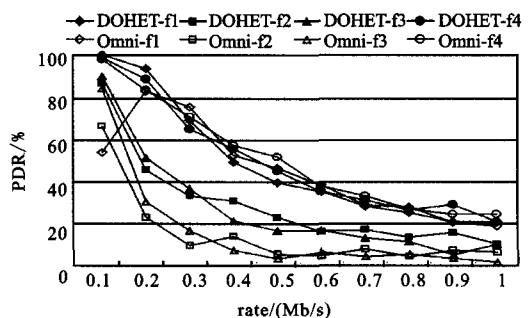


图 5 分单个数据流显示的包交付率

在图 5 所示的分流显示的 PDR 结果图中看出, f1 和 f4 在 OmniTrans 和 DOHET 两种方案下差别不大, 且都取得了较大的 PDR, 而存在冲突的 f2 和 f3 的 PDR 都要明显小些, 且在 OmniTrans 方案下其值最小. 这说明 DOHET 方案在采用全向天线进行监听时仍有通信冲突发生.

6 结束语

本文提出在单信道中定向传输的车联网数据传输策略, 充分利用节点的相对位置信息, 在车联网中具有较高的可实现性. 仿真实验结果表明, 无论是在

网络轻载还是重载条件下,本文提出的定向传输调度策略 DOHET 都能有效缓解隐藏/暴露终端问题,其性能优于传统的单信道全向通信方式。

参考文献:

- [1] 谢旭,黄本雄,王芙蓉. 车用自组织网络 SR—ALOHA 协议分析 [J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(4): 237—241.
- [2] 郑少仁,王海涛,赵志峰,等. Ad Hoc 网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005.
- [3] Deepanshu Shukla, Leena Chandran—Wadia, Sridhar Iyer. Mitigating the exposed node problem in IEEE 802. 11 Ad hoc networks [C]//Proc of 12 th International Conference on Computer Communications and Networks. [S. L.];IEEE, 2003:157—162.
- [4] 马洪亮,徐惠民. 一种 Ad Hoc 网络隐藏终端问题的解决方案 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2007, 2(3): 314—318.
- [5] Mythili Vutukuru, Kyle Jamieson, Hari Balakrishnan. Harnessing exposed terminals in wireless networks [C]//Proc of 5th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation San Francisco, CA;IEEE, 2008:59—72.
- [6] Kimaya Mittal, Elizabeth M. Belding. RTSS/CTSS: Mitigation of exposed terminals in static 802. 11—based mesh networks [C]//Proc of IEEE WiMesh Workshop[S. L.];IEEE, 2006:267—271.
- [7] Kewang Zhang, Deyun Zhang, Weihua Jiang. Mitigation of exposed terminal problem using packet sensing [C]//Proc of the 6th Communication Networks and Services Research Conference Halifax, Nov Scotia, Canada;IEEE, CS Press, 2008:263—269.
- [8] Priyadharsini R, Suresh Joseph K. Handling hidden

and exposed terminal problems using agent based access schema [C]//Proc of International Conference on Intelligent Agent and Multi—Agent Systems. Pondicherry, India; IEEE Press, 2009:1—6.

- [9] 张岱臣,于卫波,杨盘隆,等. MANET 中基于局部拓扑的暴露终端并发传输算法 [J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(6):14—18.
- [10] Weibo Yu, ZhiChao Mi, Dawei Niu, et al. Algorithm of exposed terminals concurrent transmission based on reverse path in MANET [C]//Proc of 2nd International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering. Inner Mongolia, China; IEEE Press, 2011:3819—3822.
- [11] 兰丽,单志龙. Ad Hoc 网络中隐藏终端和暴露终端相关问题研究 [J]. 计算机与数字工程, 2010, 38(7): 36—40, 200.
- [12] Qi Chen, Daniel Jiang, Vikas Taliwal, et al. IEEE 802. 11 based vehicular communication simulation design for NS—2[C]//Proc of 3rd International Workshop on Vehicular Ad hoc Networks AY, USA; ACM Press, 2006:50—56.

作者简介:



孙艳琴 女, (1985—), 硕士生. 研究方向为车联网。

熊庆国 男, (1956—), 教授. 研究方向为智能控制。

李文翔 男, (1979—), 博士, 讲师. 研究方向为认知无线网络。

(上接第 89 页)

- [2] 董剑,张源,杨珉. 利用硬件加速层优化 Android 显示系统[J]. 小型微型计算机系统, 2012, 33(7): 1546—1550.
- [3] Muzzammil bin Saipullah, Ammar Anuar K, Nurul Atiqal et al. Real—time video processing using native programming on android platform [C] // Proc of the 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA) Melaka; IEEE, 2012: 276—281.
- [4] 谢之宇,蒋晓瑜,汪熙,等. 改进的帧差法在目标匹配中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(34): 208—211.
- [5] 傅德胜,王海彬,孙文静. 数字视频监控中的运动目标检测[J]. 微电子学与计算机, 2005, 22(1): 118—121.

- [6] 李凡. 基于兴趣区域的 H. 264/AVC 会话视频传输算法[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(8): 28—32.
- [7] 刘云卿,王树东. 基于 SSE2 的 YUV 与 RGB 色彩空间转换[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(1): 45—49.
- [8] 姚金良,赵先章,曾隽芳,等. 基于连通域的图像中场景文本定位[J]. 高技术通讯, 2007, 6(17): 612—617.

作者简介:

陈培培 女, (1989—), 硕士研究生. 研究方向为视频处理技术、移动计算。

顾韵华 女, (1965—), 教授, 硕士研究生导师. 研究方向为网络与信息安全、移动计算。