

基于 EESM 的车载网络仿真建模

□ 张建伟 徐位凯 厦门大学信息科学与技术学院

【摘要】 车载自组织网(VANET)作为智能交通系统的重要技术,受到越来越多的关注,本文提出一个新的基于指数有效 SINR 映射(EESM)的车载网络仿真平台,仿真结果表明,新的建模能够精确再现链路级误包率性能,比传统平台有更高的精确度。

【关键词】 VANET EESM 建模 误包率

一、引言

随着世界经济的发展,汽车在人们日常生活中越来越普遍。为解决日益严重的交通问题,车载自组织网络(VANET)及其标准 IEEE802.11p 应运而生。车载自组织网络是一种特殊的移动自组织网(MANET),在高速移动的环境下,通过车与车、车与路边单元的相互通信构建无线网络,用于辅助驾驶、事故避免,提高交通的安全性、有效性。

在车载网络中,车辆通过广播安全业务包来保证交通安全,误包率是影响车载网络有效工作的重要指标。

最早的 VANET 网络仿真建模中,用一个接收能量门限作为衡量数据包是否被正确接收的指标。仅当数据包未发生碰撞并且其接收能量超过了一个预定的门限值,该数据包才被判定为正确接收,该模型由于精确度过低被淘汰。之后 Q.Chen 提出一个基于 SINR 门限的模型[1],当接收包的 SINR 超过了预定的门限值(基于经验结果)时,该数据包被判定为正确接收,这种建模被广泛的运用在各种研究以及仿真平台中,成为 VANET 物理层传统建模。但是,这种建模把物理层高度的抽象化了,整个数据包被抽象成一个传输单元,完全忽略了无线通信信号处理的细节,无法反应信道选择性和数据包长度对传输性能的影响,精确度有待提高。

本文提出一个基于指数有效 SINR 映射(EESM)的车载网络仿真建模,能够以较低的仿真复杂度得到比传统建模更精确的误包率性能曲线。EESM 是一种复杂度低并且精确度高的 OFDM 链路级仿真和系统级仿真之间的映射方法,它能够将衰落信道中的多个瞬时 SINR 映射成 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 信道下的单个 SINR,将信道的多状态转化为单状态,然后通过查找 AWGN 信道下该 SINR 和误包率之间的对应关系,可以得到精确的误包率值,能够很好的解决 VANET 物理层建模的仿真复杂度和仿真精确度之间的权衡问题。

二、EESM 介绍

当 OFDM 所有子载波采用相同的编码调制方式(MCS)时,EESM 可以将 k 个子载波的 SINR 集合 γ_k 映射成 AWGN 信道下的单个有效 SINR 值 γ_{eff} ,然后再用这个

有效的 SINR 值查找到相应误包率的估计值。其基本原理如图 1 所示:

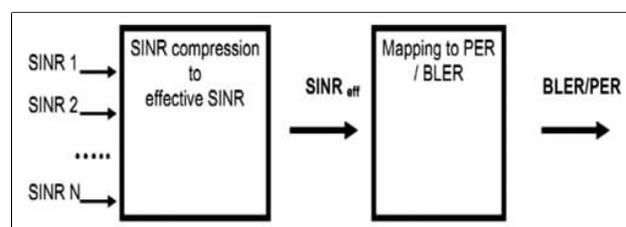


图 1 EESM 原理

EESM 的映射公式可以由 Chernoff 联合界推导得出:

$$\gamma_{eff} = EESM(\gamma, \beta) = -\beta \cdot \ln \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N e^{-\frac{\gamma_k}{\beta}} \right) \quad (1)$$

其中 N 为子载波个数, $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k]$ 为各个子载波的瞬时 SINR,参数 β 是由 MCS 决定的调节因子,其作用是将多状态衰落信道能够较好的归一到一条 AWGN 信道的性能曲线下,其计算公式如下:

$$\beta = \operatorname{argmin}_{\beta} \left\{ \sum_{k=1}^M \left| \log(PER_{eff,k}(\beta)) - \log(PER_k) \right|^2 \right\} \quad (2)$$

$PER_{eff,k}(\beta)$ 和 PER_k 为 EESM 预测得到的以及实际链路级仿真得到的误包率性能, M 为总仿真次数。本文的车载仿真所用的 β 值如表格 1 所示:

三、建模介绍

信道建模: VANET 的标准 IEEE802.11p 使用 OFDM 技术,频段设置在 5.9GHz,每个子信道的带宽为 10MHz。故其信道为时间-频率双选择性信道,信道建模必须反映出这个特性。本文信道建模包含大尺度衰落和小尺度衰落,大尺度衰落采用 Two-Ray Ground,小尺度衰落实现了专门为车载网络设计的高速公路场景下的小尺度衰落[2]。

MAC 层: 采用 IEEE802.11p 规定的带冲突避免的载波侦听多址接入技术(CSMA/CS)。

物理层建模: 以 EESM 为基础,将数据包的多个子载波的瞬时 SINR 映射成单个有效 SINR,在利用该有效 SINR 在 AWGN 信道下的误包率性能得到需要的误包率

表 1 802.11p 协议的 MAC 和 β 对照表

调制方式	码率	β	速率
BPSK	1/2	0.9	3Mbps
BPSK	3/4	0.95	4.5Mbps
QPSK	1/2	1.65	6Mbps
QPSK	3/4	1.7	9Mbps
16-QAM	1/2	8.75	12Mbps
16-QAM	3/4	9.6	18Mbps
64-QAM	2/3	40.45	24Mbps
64-QAM	2/3	40.95	24Mbps

值,具体原理请参看第二章。

四、仿真结果

本章将对新建模和传统 SINR 门限建模[3]的仿真性能作出对比,仿真场景为高速公路,信道忙时设为 30%,车辆运行时间 60s,广播的安全数据包发送频率为 10Hz。

图 2 为 802.11p 协议中的三种发送速率下,两种建模的收包率 - SINR 的性能图(收包率 = 1 - 误包率),二者仿真复杂度基本相同。而从图中可以看出,传统建模方法较为粗糙,其包接收率在 SINR 门限值处直接由 0 跳变至 1,即当接收包的 SINR 值低于门限值时,被判定为接收错误,其 SINR 大于等于门限值时,判定为正确接收,而基于 EESM 的建模可以反映出收包率和 SINR 之间一一对应的关系。不仅如此,对比数据包大小为 400bytes 和 100bytes 的仿真图可以发现,EESM 建模可以反映出不同数据包大小对传输性能的影响,其包大小为 100bytes 的曲线相对

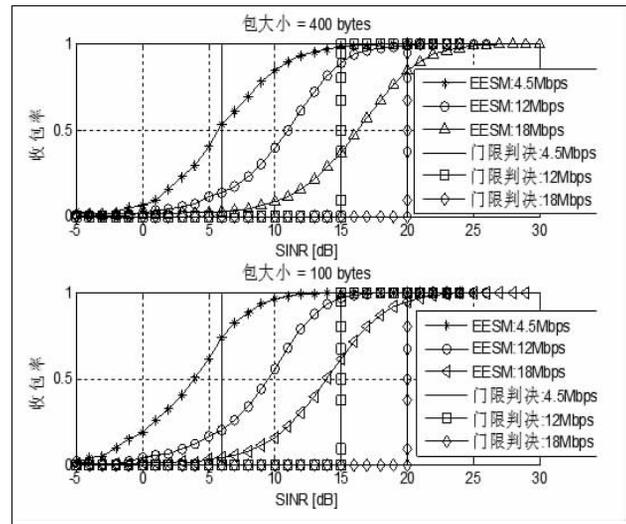


图 2 收包率 - SINR 性能

于 400bytes 的曲线有大约 2dB 的增益,传统门限判决建模无法反映出包大小对传输性能的影响。传统门限建模的不足之处可能导致错误仿真的仿真结果,适用性不足。基于 EESM 的新车载平台建模方法在保持较低仿真复杂度的情况下有更高的仿真精确度,必将取代传统 SINR 门限建模。

五、总结

误包率是影响车载网络通信性能的重要指标,传统车载网络仿真平台对物理层的建模过于粗糙,无法精确再现链路级误包率性能。本文提出一个基于 EESM 的新建模,在不提升仿真复杂度的情况下,显著提升了仿真的精确度。该建模可用于 VANET 拥塞控制,最优发送速率研究,发送功率控制等方面,为车载研究提供了新的思路。

参考文献

- [1] Q. Chen, F. Schmidt-Eisenlohr, D. Jiang, M. Torrent-Moreno, L. Delgrossi, and H. Hartenstein, "Overhaul of IEEE 802.11 modeling and simulation in ns-2 Proc. 10th ACM/IEEE Symp. Model. Anal. Simul. Wireless Mobile Systems, Chania, Crete Island, Greece, pp. 159 - 168, 2007.
- [2] G. Acosta-Marum and M. A. Ingram, "Six time- and frequency selective empirical channel models for vehicular wireless LANs. IEEE Veh. Technol. Mag., vol. 2, no. 4, pp. 4- 11, 2007.
- [3] D. Jiang, Q. Chen, and L. Delgrossi: Optimal data rate selection for vehicle safety communications, VANET '08 Proc. 5th ACM Int. Workshop Veh. Inter- Networking, pp. 30- 38, 2008.

(上接 71 页) 速数据接口(RS422)。

2.5 信息传输方式

控制中心 CCTV 与车站 CCTV 系统之间 通信光纤传输网络为控制中心 CCTV 与车站、停车场、车辆段 CCTV 系统间的信息传输提供 1 条 1000Mb/s 以太网通道。

三、结束语

在城市轨道交通行业高速发展的背景下,如何利用视频监控系统等通信工具提高地铁运营的高效性、安全性,是轨道交通设计者、建设者应重点关注的问题。笔者以个人参建的地铁线路为例,介绍了视频监控系统在轨道交通行业中的应用。由于水平有限,文中难免有疏误之处,敬请读者和专家批评指正。

参考文献

- [1] 何宗华. 城市轨道交通通信信号系统运行与维护. 中国建筑工业出版社
- [2] 李晓江. 城市轨道交通技术规范实施指南. 中国建筑工业出版社