

VANET 无线链路质量的测量与分析

杨洋, 徐俊, 程达, 吴礼华, 谭鹏举, 杨林涛

(武汉大学电子信息学院, 武汉 430079)

摘要: 目前对移动自组织网络的研究很少涉及现实环境里的测量问题。该文对不同环境下无线链路丢包率、信号强度等参数进行了测量和分析。结果表明, 环境对链路质量有较大影响, 在郊区环境下, 丢包率较低, 链路质量较好, 信号强度反应链路质量的能力有限, 连续丢包率的变化与丢包率平均值的变化基本一致。分析结果对预测无线链路质量和设计 VANET 网络协议具有重要意义。

关键词: 无线链路; 移动自组织网络; 信道质量; 丢包率; 信号强度

Measurement and Analysis of VANET Wireless Link Quality

YANG Yang, XU Jun, CHENG Da, WU Li-hua, TAN Peng-ju, YANG Lin-tao

(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079)

【Abstract】 Rare researches about the Vehicular Ad-hoc Network(VANET) measurement are demonstrated in real environment. In this paper, average Packet Loss Rate(PLR) and signal strength of the wireless link are measured. The results indicate that environment affects the quality of the wireless link in VANET greatly, the average PLR of wireless link in open environment is lower than that in close environment, the signal strength is not closely relevant to the quality of wireless link and the variance tend of error length probability is the same as that of the average PLR. The results are important for the quality prediction of wireless link and the protocol design of VANET.

【Key words】 wireless link; Vehicular Ad-hoc Network(VANET); channel quality; Packet Loss Rate(PLR); signal strength

1 概述

移动自组织网(Vehicular Ad-Hoc Network, VANET)是应用于道路上的新型移动无线自组织网络, 可以实现车辆间、车辆与路边节点间的多跳无线通信。VANET 不仅能应用于实现交通事故告警, 还能实现道路交通信息查询、高速公路缴费和车辆间音视频通信等功能。本文主要研究 VANET 的无线链路质量, 通过实地测量以及对数据进行分析, 得出无线链路质量的一些相关特征。

VANET是具有重大应用价值的技术, 它的成功实施预计可以减少 50% 的交通事故损失^[1], 从而避免由此带来的每年数十亿的经济损失, 减少几十万人的伤亡, 同时可以大量减少汽油的消耗和尾气的污染。

目前, 各国都在积极开展关于VANET的研究。其中, 欧洲多国合作开展的Fleenet项目^[2]是其基于第三代移动通信技术UMTS。美国加利福尼亚大学等部门联合开发的PATH项目, 致力于将最新的科技应用到增加高速公路的测量容量和安全性, 并减少交通阻塞、大气污染及能源消耗等。法国的CIVIC项目是法国政府批准的重大研究计划TIMS(信息移动和安全技术)中的一部分, 由法国国家科学研究中心CNRS的多个国家实验室联合申请。它的主要目标是研究并实现基于IEEE802.11的移动自组织网络智能传输协议。马里兰州立大学的TrafficView项目侧重于交通状况的检测。此外还有德国的“Network on Wheels”、日本JSK领导的“Association of Electronic Technology for Automobile Traffic and Driving”和“Group Cooperative Driving”、美国的VII等。

同时, IEEE也推出了专门用于汽车通信的 802.11p 标准, 该标准主要用于车上用户与路边目标之间、汽车之间的通信。该协议对 802.11 进行了多项针对汽车在这样特殊环境中的改

进, 如热点间切换更先进、更支持移动环境、增强了安全性、加强了身份认证^[3]。

如果将来能够实施该协议, 有望降低 VANET 的部署成本、提供带宽、实时收集交通信息等, 而支持身份认证则有望使 802.11p 代替 RFID 技术。随着该协议的进一步完善和众多厂商的支持, 将会使得 VANET 在未来的应用更加安全和有效。但是, 现有的 VANET 路由协议只是在 MANET 路由协议的基础上做了些改进, 没有结合无线信道的特征, 并且需要借助很多辅助信息, 如车辆分布情况、道路分布情况。应用层的研究也局限于安全告警模型研究。要对 VANET 网络上层协议进行更深入的研究和设计, 首先需要对其链路质量进行准确的评估。

麻省理工学院和卡耐基-梅隆大学的合作项目专门对在 802.11b 协议下的信道链路质量进行了研究, 指出多径效应才是在某些特殊范围内高丢包率的主要原因, 并更深入地讨论了和 MAC 层的联系与路由协议设计^[4]。

本文所进行的实验是对不同环境下车用移动自组织网络无线链路丢包率、信号强度等参数进行测量和分析, 找出能准确反映其链路质量的参数。VANET 是非常特殊的移动自组织网络, 具有时变性, 并且路面的环境比较复杂, 影响 VANET 网络中无线链路质量的因素也有很多, 如发送和接收节点的相对运动、周围节点的运动、周围环境如建筑物、路标、树

基金项目: 国家大学生创新实验计划基金资助项目(2006044)

作者简介: 杨洋(1986-), 男, 本科生, 主研方向: 高速信息网络, 无线自组织网络; 徐俊、程达、吴礼华、谭鹏举, 本科生; 杨林涛, 博士研究生

收稿日期: 2007-06-10 **E-mail:** gname@163.com

木、路面以及气候。

2 信道质量的测量

2.1 实验主要参数选择

实验的主要器材有：作为发送方的 AP、作为接收方的具有转发功能的 stareast 平台、实现无线通信的天线 2 个(约 1.7 m 高，架在小车的中后部，整体约 3.2 m 高)，用于收发双方定位的 GPS 接收器 2 个以及电源。实验具体的硬件配置参数如表 1 所示。

表 1 VANET 信道测量参数

参数	项目内容
天线高度	3.2 m
天线类型	全向
天线增益	8 dBi
无线网卡芯片	Intel 2200BG
无线网卡功率	100 mW
组网模式	Infrastructure
调制方式	DBPSK
扩频方式	HR/DSSS
MAC 协议	802.11b/g
传输平台	StarEast
传输速率	1 Mb/s
操作系统	Linux/Windows

同时定义丢包率(Packet Loss Rate, PLR)是链路中丢失的数据包数目与发送方发送的总数据包数目的比值，RSSI(Receive Signal Strength Indicator)即为信号强度指示。这 2 个参数比较容易获得。发送方不断广播带序号的 UDP 数据包，发送速率为每秒 100 个包，接收方根据收到的数据包的序号统计得到丢包率。调用无线网卡驱动程序中对 I/O 通道进行管理的系统函数 ioctl()，即可得到接收信号的信号强度。

2.2 实验测量的环境与条件

实验主要考察不同环境与不同车流量条件下丢包率与信号强度的分布状况，实验在 2 种环境下进行，分别为郊区环境 E1 和市内环境 E2。E1 地处偏僻，两旁建筑稀少，鲜有树木；E2 处于商业中心，道路两旁高楼较多，车辆往来密集。考虑到移动的车辆会对无线信道产生影响，当车顶的高度大于天线的高度时，将发生绕射衰落。因此，升高天线至 3.2 m，以消除小车的阻挡作用，同时尽量避免大型车辆进入第一菲涅耳区，避免车辆转弯时建筑物的阻挡。

实验过程中发送方走在前面，接收方随后。发送方开始发送数据后，接收方从图形界面上观察画图轨迹、GPS 位置信息以及与两节点的相对距离，并记录两车之间有卡车进入的时间段及卡车数量，作为筛选实验数据的依据。

2.3 测量模块说明

整个实验由 3 个模块组成(图 1)。笔记本甲上运行的 GPS 模块程序主要用来读取发送方自身的位置信息，并在 1 s 内(GPS 约每秒更新一次信息)发送 100 个数据包，通过 socket 发送到 Stareast 上。发送的广播信息包括包序号、GPS 定位信息、时间等。Stareast 上通过 2 个套接字转发来自笔记本甲的广播包信息。

笔记本乙上运行的 GPS 模块一方面读取本地 GPS 信息，另一方面接收来自 Stareast 的广播信息，接收的广播信息里包含了笔记本甲的 GPS 位置信息。根据 2 个 GPS 位置信息画出两车的运行轨迹，并计算出实时距离，同时将丢包率、信号强度存入本地文件。

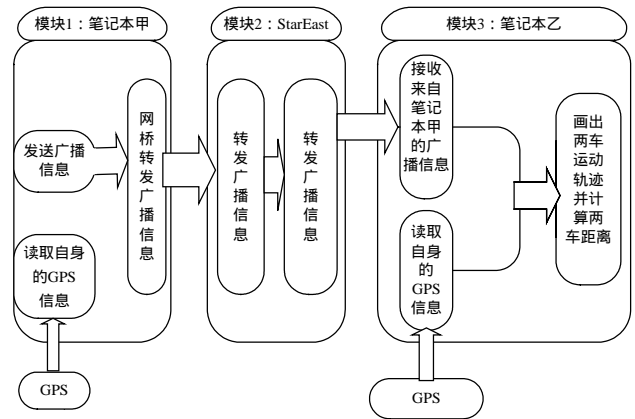


图 1 测量模块示意图

3 测量结果的分析

3.1 不同的实验场景对于信号传输质量的影响

无线网络具有较高的误码率、复杂的信道衰落、突发的设备噪声，这些特点将导致频繁产生丢包^[5]。由于统计丢失的数据包从包的层面估计信道质量，屏蔽了底层各种阶段性的质量估计指标，以最终信道能够无差错传输数据能力表征信道质量，因此丢包率从应用层角度很好地刻画了信道质量。

在实验的过程中，控制发送方以 1 Mb/s 的发送速率每秒发送 100 个广播包，接收方累计这 1 s 中收到的包数，计算出丢包率。在郊区和市内 2 种环境下，按照不同的距离，将所得到的丢包率进行分类统计，依次求其均值，从中可以反映特定情况下的信号传输质量。图 2 是在郊区和市内 2 种环境下丢包率平均值的比较。

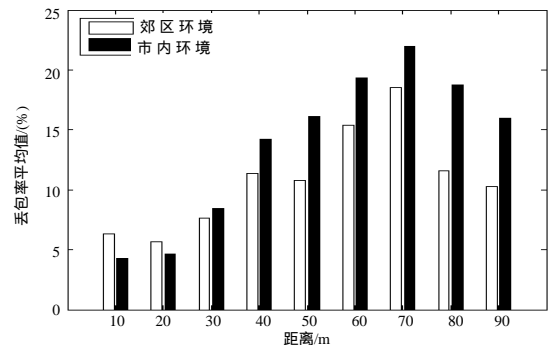


图 2 不同环境下丢包率平均值比较

从图 2 可以观察到：(1)不同距离上，丢包率平均值不同，其大小与距离有关，但相关程度不明确。(2)在一般的车距范围内(20 m~90 m)，市内环境中的丢包率都高于郊区环境。在峰值(70 m)处，市内环境的丢包率比郊区环境高了 10%。

多次实验结果反映了相同的规律，说明不同的实验场景对信号传输质量的影响很大，相同的环境下链路质量比较稳定。环境越开阔，两旁的建筑物越少，数据包的丢包率越低，因此，郊区的无线链路质量比市区环境要好。

3.2 信号强度对信号传输质量的影响

测量模块每接收一个数据帧都得到一个 RSSI 值，能及时反映信号强度的变化。在实验过程中，接收方的车辆与发送方的车辆始终同向行驶，并且保持一定的车速和车距。接收方收到数据包的同时，记录下相应的信号强度。在统计过程中，按照丢包率和当前状态下信号强度的相应关系，以不同的距离进行分类统计，分别求其均值。图 3 是丢包率平均值和信号强度平均值的典型测量结果。

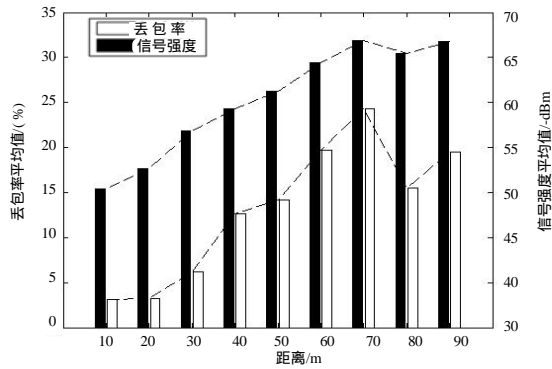


图3 相同环境下的丢包率以及信号强度的平均值

从图3可观察到:(1)在一定距离内,随着距离的增大丢包率升高,信号强度逐渐下降。当两车之间距离大于70m时,丢包率又出现回落的趋势,而信号强度也有了一定程度的增加。(2)比较50m~60m距离范围和70m~80m范围的数据发现,虽然信号强度的均值接近(如图3的黑色部分),但是数据包丢包率的均值有大约15%的差异(如图3的白色部分)。其他距离上的丢包率和信号强度的数值也说明了上述问题。

结果说明,信号强度能够反映当前信号质量的一些趋势,但是信号强度和丢包率在数值上相关性不大,所以信号强度对预测信号传输质量作用有限。这是因为接收终端在有效距离内移动时,只有接收到的信号功率高于接收门限功率时,才能得到另一方发送的数据包,而一旦信号功率低于接收门限功率,数据包的信号强度便无法记录。因此,为了更准确地预测信号传输质量,应当优先考虑其他的数据指标。

3.3 信号传输质量的预测

在3.1节中,利用单位时间内的丢包率平均值来描述当前链路质量的整体情况。数据包在传输过程中,既有零散的单个数据包丢失,也有连续的多个数据包丢失的情况,进一步分析数据包丢失的特征,发现连续丢包数可以反映信号的传输效果。在单位时间内,根据连续丢包的不同个数,分别统计其发生的概率。图4和图5分别是郊区环境和市内环境E2下,按距离统计的丢包率平均值以及连续丢包数大于1的概率和的统计图。

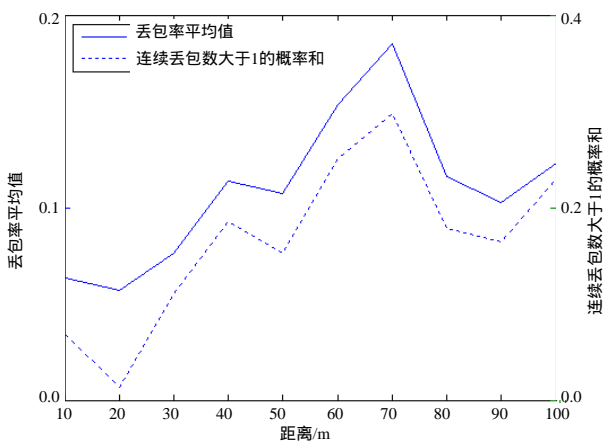


图4 郊区环境下丢包率平均值和相应连续丢包的概率

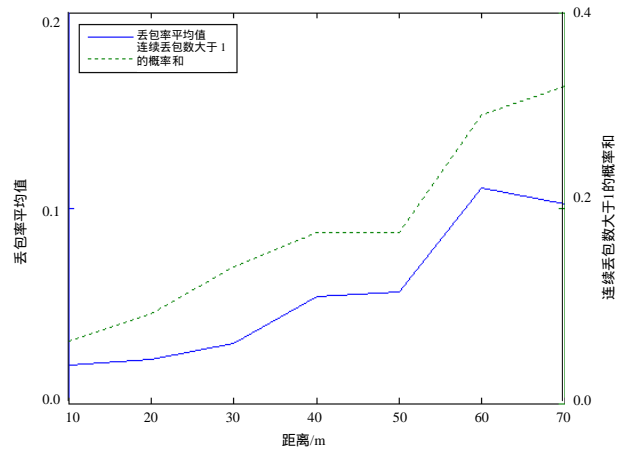


图5 市内环境下丢包率平均值和相应连续丢包的概率

对丢包率平均值和连续丢包数概率和进行相关性分析,发现郊区环境下,其相关性达0.967;在市区环境下,其相关性为0.978。可见,在不同的环境中,连续丢包概率之和与丢包率平均值随距离的变化曲线极其相似。因此,连续丢包概率之和能有效表征链路质量。零星的丢包是一个随机事件,其概率有特定的分布;而连续的数据包丢失受到信道质量的影响,其概率分布会由于衰落持续时间的长短发生显著改变。

对不同实验场景进行的多次测量和分析都明确地表明,连续丢包的概率之和与丢包率平均值相互关联。基于上述统计现象,在未来的测量中可以通过连续发送一定的广播包来判断其链路质量的好坏。

4 结束语

本文旨在对不同的实验环境测量802.11信道的传输规律。分析具有一定特征的数据指标,如丢包率和信号强度,发现:(1)环境因素对于数据的传输影响明显。(2)在近场距离内,距离与丢包率有关系,但也有地方出现异常。(3)信号强度与丢包率相关性不大。信号强度不能作为判断链路质量的依据。(4)连续丢包数可用于判断链路质量,说明衰落持续时间对丢包率作用大。以后可通过上述发现进行更深入的研究,找到新的测量链路质量的方法。这对未来无线信道的网络体系设计及各层协议的研究具有借鉴意义。

参考文献

- [1] Fiebig B. European Traffic Accidents and Purposed Solutions[Z]. (2003-03-05). http://www.itu.int/ITU-T/worksem/telecomauto/presentations/telecomauto_1103_s2intro_pres.ppt.
- [2] Marriott M D R. Proc. of the Third ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks[Z]. (2006-09-29). <http://www.sigmobile.org/workshops/vanet2006/index.html>.
- [3] 闫跃龙. IEEE 成员美国聚会标准字母游戏错综交织——直击美国波特兰 IEEE802 标准组高层聚会[J]. 通讯世界, 2004, (8): 52-55.
- [4] Aguayo D, Bicket J, Biswas S, et al. Link-level Measurements from an 802.11b Mesh Network[C]//Proc. of SIGCOMM'04. Portland, Oregon, USA: [s. n.], 2004.
- [5] 叶进, 王建新, 龚皓. 无线/有线网络中基于自适应丢包区分的TCP改进[J]. 通信学报, 2007, 28(5): 15-18.