

doi:10.11959/j.issn.2096-3750.2017.00032

面向公路网智能交通系统应用的无线接入方案评估

林尚静¹, 田锦², 李锦鸿³

(1. 北京邮电大学电子工程学院, 北京 100876; 2. 金陵科技学院网络与通信工程学院, 江苏 南京 211169;
3. 北京森华易腾通信技术有限公司, 北京 100080)

摘要: 宽带移动通信技术的普及为智能交通行业发展创造了条件, 同时, 智能交通行业的飞速发展也对宽带移动通信技术提出了更高要求。在总结智能交通系统中宽带移动通信技术面临的挑战的基础上, 选取了具有代表性的2种高速公路通信场景, 通过仿真评估各种无线接入技术在实际智能交通场景下的业务性能。通过研究, 能够为智能交通技术的发展提供理论参考。

关键词: 智能交通系统; 高速公路通信; 长期演进系统; 无线局域网
中图分类号: TN929.532 **文献标识码:** A

Freeway intelligent transportation oriented wireless access technologies evaluation

LIN Shang-jing¹, TIAN Jin², LI Jin-hong³

(1. School of Electronic Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. School of Networks and Telecommunications Engineering, Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China;
3. Beijing Forest Eternal Communication Technology Co., Ltd., Beijing 10080, China)

Abstract: The popularization of broadband mobile communication technology has paved a way for the development of intelligent transportation industry. At the meantime, the intelligent transportation system (ITS) has also put forward higher requirements for the broadband mobile communication technologies. Based on the summary of the challenges faced by the broadband mobile communication technologies when applied to ITS, two typical expressway communication scenarios are selected in which the performance of wireless access technologies are evaluated and compared. It can provide theoretical reference for the development of ITS.

Key words: intelligent transportation, freeway, LTE, WLAN

1 引言

近年来, 随着我国公路建设及智能交通的高速发展, 在日益增强的交通需求推动下, 将无线移动通信技术与车辆信息服务、公路运营监管、公路规划和建设结合显得越发重要。

公路网信息化和智能化对无线通信的技术需求, 包括智能车路协作技术、无线移动定位技术、

射频技术和异构网络融合技术等^[1]。综合考虑通信效率、兼容性、经济性, 首选宽带移动通信网络作为连接智能交通系统大量终端与后台数据库的管道。在运用宽带移动通信技术支撑公路网智能交通通信的应用中, 建立人—车—路—环境之间的协同关系, 实现全方位、立体、实时及高效的公路交通信息网络, 全面推动面向公路网的智能交通系统的发展^[2]。

收稿日期: 2017-10-05; 修回日期: 2017-11-01

通信作者: 田锦, jim.tian@jit.edu.cn

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目 (No.2017M62069); 江苏省高校自然科学基金资助项目 (No.17KJB510020); 南京市科技计划基金资助项目 (No.2012ZD003); 金陵科技学院基金资助项目 (No.jit-n-201304)

Foundation Items: China Postdoctoral Science Foundation Funded Project (No. 2017M62069), The Natural Science Foundation of the Jiangsu Higher Education Institutions of China (No. 17KJB510020), Nanjing Science and Technology Project (No.2012ZD003), Jinling Institute of Technology Foundation(No.jit-n-201304)

宽带移动通信技术的普及为智能交通行业发展创造了条件，同时，智能交通行业的飞速发展也对宽带移动通信技术提出了更高要求。本文选取了具有代表性的 2 种高速公路通信场景（即普通的高速公路场景以及高速公路隧道场景），通过对 2 个场景的仿真，验证现有无线接入技术在智能交通业务中的性能，为智能交通发展提供理论参考。

2 面向公路网智能交通系统应用的无线接入方案

图 1 是基于公路无线物联网的物理构架形成的智能交通顶层物理架构^[2]。从图 1 可以看出，移动通信系统是连接各个子系统的纽带，它为各个子系统提供可靠的通信保证。由于子系统的多样性和公路交通环境的复杂性，在实现各个子系统之间的可靠无线通信时，可以采用不同的无线接入方式。

在面向公路网智能交通系统应用的无线接入方案中，设计包含多种无线异构网络的公路网传输系统，可以有效解决当前路网信息传输能力的不足。

1) 第四代广域蜂窝移动通信技术 (LTE, long term evolution)。针对当前无线传感网络覆盖区域小、不能构建全方位立体的环境感知的不足，应用蜂窝网络等广域网运营商网络，使传感节点具有无线接入能力。因为运营商网络基础设施已经建成，

可以有效节约成本。

2) 专用短距离通信技术 (DSRC, dedicated short range communications)。针对高速环境、高实时性的网络要求，可以应用 DSRC 专网在短距离范围内快速、安全、稳定的特点，用于车车间、车路间预警信息的即时交互。

3) 无线局域网技术 (WLAN, wireless LAN)。针对广域蜂窝覆盖较弱的地方，可以应用 WLAN 网络，辅助传输大数量数据，减小传输时间^[3]。

3 智能交通系统对无线接入方案提出的需求

面向普通移动用户（人或低速移动终端）设计和优化的移动通信系统，在承载具有高速移动特性、应用场景和业务类型均多样的智能交通系统时必然存在大量的不兼容因素需要进行考虑和优化。智能交通系统对宽带移动通信技术的需求主要体现在如下 3 个方面。

1) 实时性

在公路网信息化与智能化的环境中，尤其是安全的问题中，对信息的高实时性通信提出了较高的要求，更早地对路网路况、行车环境做出判断和通知，就意味着更多的反应时间，从而提供更可靠的安全保障。此外，路网信息的发布也对信息的实时性有所要求，实时反映当前的路网情况，是信息化与智能化的基础需求。

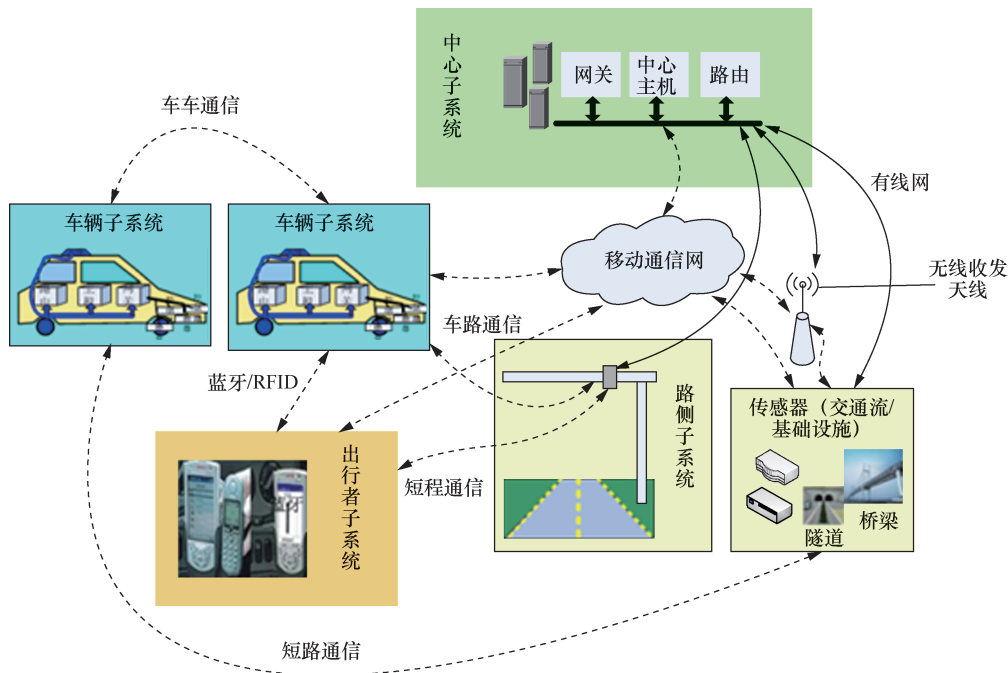


图 1 智能交通系统中各个子系统之间通信示意

2) 高速性

车载终端的高速移动特性是智能交通业务的主要特征之一，快速移动的车载终端在动态自组织拓扑网络上的频繁接入与退出，以及其在网络上存在的瞬时性对无线接入网的覆盖及稳定性的要求大大提高。

3) 异构性

通过对当前路网网络环境的分析，改善当前交通信息化与智能化的主要途径是结合现存无线接入方案，并对多网络进行高效的管理与调度，解决终端接入、业务传输及移动性等方面的问题。通过引入无线通信技术，大幅度减小智能交通系统信息化与智能化的成本，借助异构网络的协同为交通信息感知与发布提供解决方案。

4 高速公路通信场景仿真分析

高速公路中行驶的车辆速度较快，最高为 120 km/h，最低为 60 km/h，在收费站、服务区等特殊区域车速相对较低，本文仿真中，车速取值分布在 60~100 km/h 区间内。此外，在高速公路上，车辆之间的最小距离应保持在 50 m 以上，当车速超过 100 km/h 时，车辆间距离应保持在 100 m 以上。因此，可以根据这一准则，估计高速公路车辆正常行驶时的车流量，在本文仿真中，双向共四车道的场景下，车流量取值 1 800 辆/小时和 3 600 辆/小时。

4.1 普通高速公路通信场景

普通高速公路是车辆进入高速公路遇到的最为普遍的场景。在普通高速公路场景下，车辆的行驶速度非常快，需要部署覆盖半径较大的广域蜂窝网络。因此，本文采用 LTE 网络实现广域覆盖。场景描述如图 2 所示。

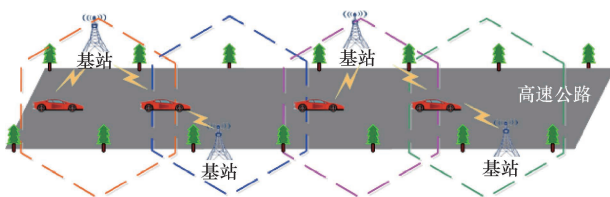


图2 普通高速公路场景

表 1 显示了在普通高速公路场景下 LTE 网络承载车载终端文本业务以及图片业务的分组丢失率。由表 1 可以看出，图片业务在 3 600 辆/小时以及 1 800 辆/小时的车流量负载情况下的分组丢失率分别为 2.41%和 2.37%，都超过了 2%，因此，需要进行网络优化以提高性能。

表 1 LTE 网络分组丢失率统计

参数	图片业务		文本业务	
	3 600 辆/小时	1 800 辆/小时	3 600 辆/小时	1 800 辆/小时
分组丢失率	2.41%	2.37%	0.34%	0.27%

图 3 和图 4 显示了 LTE 网络承载车载用户文本业务以及图片业务的通信时延累积概率 (CDF, cumulative distributed function) 分布。对比图 3 和图 4 可以看出，文本业务及图片业务 95%用户的通信时延都在 20 ms 以内，而且车流量的增大并未明显增大通信时延。在普通高速公路通信场景下，LTE 网络覆盖较好，并且有足够的资源来传输车载用户的各种业务。

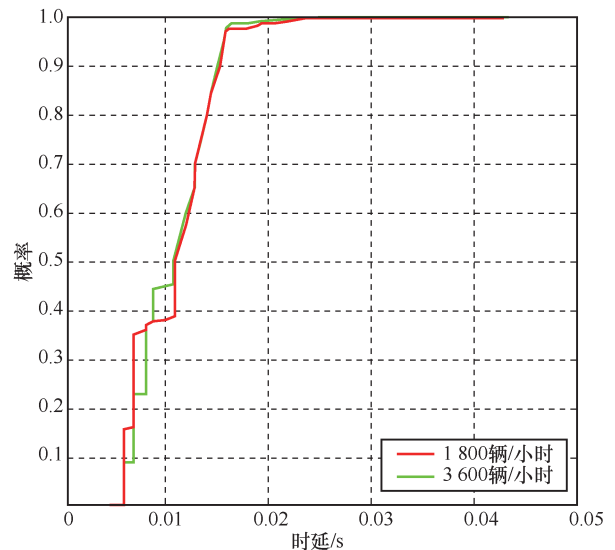


图 3 在不同车流量下 LTE 网络承载文本业务的时延

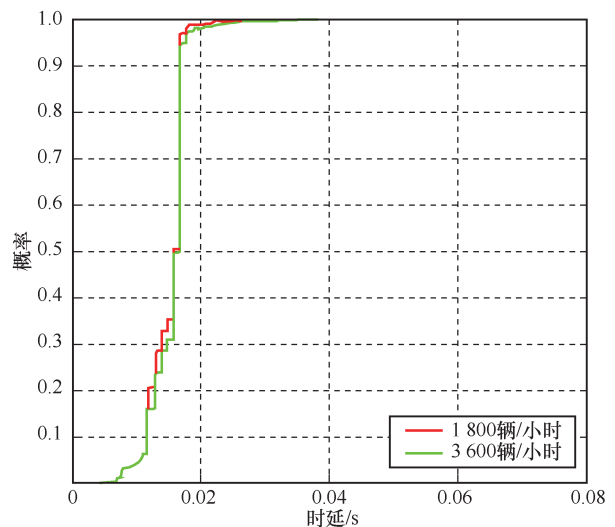


图 4 在不同车流量下 LTE 网络承载图片业务的时延

4.2 高速公路隧道场景

高速公路隧道场景代表着高速公路上无线通

信号覆盖较弱的部分路段，并且其无线信号传播条件与普通高速公路相差较大。车辆在隧道中以中等速度行驶，仍然需要进行位置信息、路况信息、报警信息上报，对无线通信网络的服务质量是一个很大的考验。目前广域蜂窝网络在高速公路隧道中信号覆盖质量较差，因此，本文仿真采用 WLAN 技术对隧道路段进行无线信号覆盖增强，验证在隧道场景中的性能。场景描述如图 5 所示。

图 5 所示的基站为 LTE 基站。虽然基站的通信范围覆盖到了隧道，然而由于隧道一般在山体内部，无线信号穿过山体的损耗非常大，基本无法进行正常的通信，因此，在隧道内部署了 WLAN 接入点（图 5 中 AP），通过 AP 将无线信号扩展覆盖到隧道内部，AP 与 AP、AP 与基站间可以进行有线通信，将车辆的通信数据传送到数据中心。

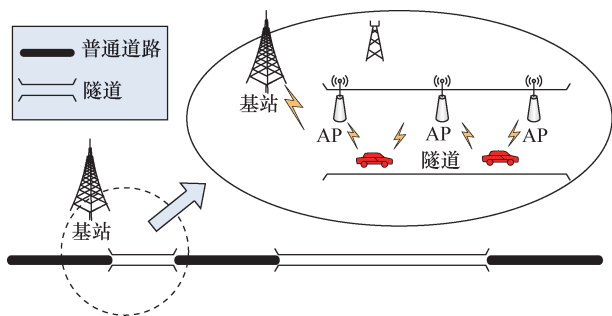


图 5 智能交通隧道场景

表 2 显示了在高速公路隧道场景下 Wi-Fi 网络承载车载终端文本业务以及图片业务的分组丢失率。

表 2 WLAN 组网下移动台分组丢失率统计

参数	图片业务		文本业务	
	3 600 辆/小时	1 800 辆/小时	3 600 辆/小时	1 800 辆/小时
分组丢失率	5.03%	1.28%	0.1%	0.04%

从表 2 中可以看出，图片业务的分组丢失率远大于文本业务。当车流量达到 3 600 辆/小时时，图片业务的分组丢失率达到了 5.03%，高于无线通信系统能够容忍的数据业务分组丢失率（2%），因此，使用 WLAN 网络承载该业务时需要对系统进行优化，以提升网络传输数据的可靠性。

图 6 和图 7 所示是 WLAN 场景下信息服务业务的时延 CDF。无论是传送文本业务还是图像业务，当用户数量增大时，时延都相应增大。97%的车辆文本业务时延都在 10 ms 以下，这是由于文本业务数据量少，用户所需要的传输时间非常短，对

信道的占用时长很短，大部分数据都能在极短的时间内传送完成；少部分数据分组由于重传，导致时延大大增加。图像业务中，98%的业务数据都能够在 500 ms 内完成传输，对于时延不敏感的信息业务，利用 WLAN 系统实现覆盖是一个可行的选择。

WLAN 网络一个 AP 服务的用户业务都是在同一个信道上分时传输，随着用户数量的增大，网络的随机接入性能将逐渐下降，因此，若 WLAN 网络覆盖范围内的车辆数量过多，将导致通信性能的下降。同时，WLAN 系统所使用的频段是公共频段，当附近的 AP 数量较多时，由于各 AP 之间并没有合理的频率及覆盖的规划，将会带来较大的干扰。

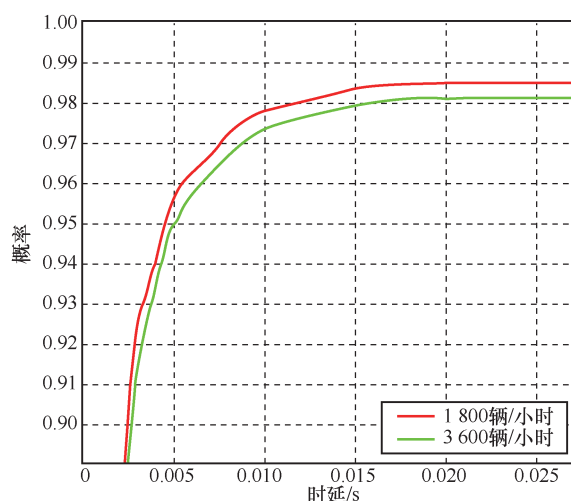


图 6 在不同车流量下 WLAN 网络承载文本业务的时延

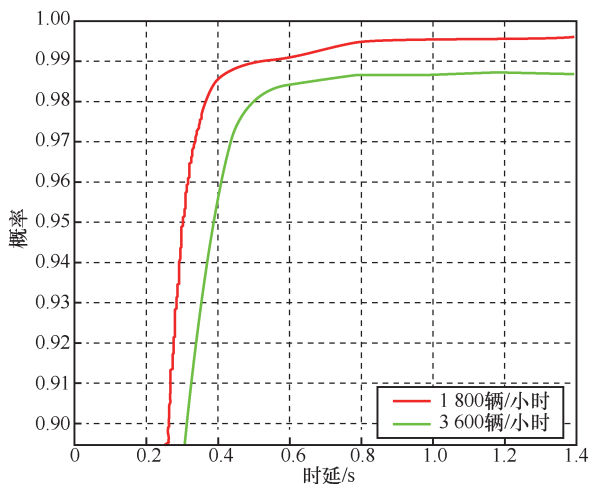


图 7 在不同车流量下 WLAN 网络承载图片业务的时延

通过对高速公路隧道场景下 WLAN 网络的仿真，可以得出在 WLAN 网络基本能够承载车流量在 3 600 辆/小时内的智能交通信息服务，通信时延完全满足通信需求，图片业务的分组丢失率在车流

量较大时性能降低，难以完全满足所有车辆的通信需求，需要对 WLAN 网络做进一步的增强。

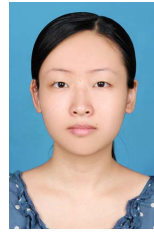
5 结束语

本文选取了具有代表性的 2 种高速公路通信场景（即普通的高速公路场景以及高速公路隧道场景），通过对 2 个场景的仿真，验证广域蜂窝移动通信网络以及部署 WLAN 网络在智能交通业务中的性能，为智能交通发展提供理论参考。

参考文献：

- [1] 李瑾南, 万娟, 李凯, 等. 智能交通系统发展及趋势分析[J]. 工业技术创新, 2014, 1(3):374-380.
LI J N, WAN J, LI K, et al. Intelligent transportation system development and trend analysis[J]. Industrial Technology Innovation, 2014, 1(3):374-380.
- [2] 王笑京. 新一代智能交通系统的技术特点和发展建议[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2014, 6(1):37-42.
WANG X J. The technical features and development suggestions of the next generation intelligent transportation system[J]. Journal of Engineering Studies, 2014, 6(1):37-42.
- [3] 邵雯玉. 智能交通系统中无线通信网络的研究[J]. 中国新通信, 2017, 19(1):4.

作者简介：



林尚静（1986-），女，北京邮电大学博士后、讲师，主要研究方向为 5G、超密集蜂窝、无线异构网络等。



田锦（1963-），男，博士，金陵科技学院教授，主要研究方向为强化学习分析、Markov 链分析、无线局域网、无线车载网络、NB-IoT、认知无线（电）网络、高速超宽带等。



李锦鸿（1989-），男，北京森华易腾通信技术有限公司工程师，主要研究方向为面向 M2M 的无线通信网络资源管理算法及技术。