

doi: 10.7690/bgzd.2023.06.016

军用汽车驾驶训练系统

陈永科¹, 赵帅杰¹, 蒋 帅¹, 陈博雯²

(1. 陆军炮兵防空兵学院研究生队, 合肥 230031; 2. 安庆师范大学数理学院, 安徽 安庆 246052)

摘要: 为解决军用汽车驾驶训练组织困难的问题, 搭建虚拟训练平台, 设计一种模拟训练系统。立足军用汽车驾驶训练实际, 完成军用汽车驾驶训练系统的需求分析, 设计系统的基本组成、整体架构、工作流程和软硬件结构, 并对关键技术进行深入剖析。结果表明, 该模拟训练为系统开发和应用提供了完整的解决方案。

关键词: 虚拟现实技术; 军用汽车; 驾驶训练仿真

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Military Vehicle Driving Training System

Chen Yongke¹, Zhao Shuaijie¹, Jiang Shuai¹, Chen Bowen²

(1. Brigade of Postgraduate, PLA Army Academy of Artillery and Air Defense, Hefei 230031, China;

2. School of Mathematics and Physics, Anqing Normal University, Anqing 246052, China)

Abstract: In order to solve the difficulty of organizing military vehicle driving training, a virtual training platform is built and a simulation training system is designed. Based on the reality of military vehicle driving training, the requirement analysis of military vehicle driving training system is completed, the basic composition, overall architecture, workflow and software and hardware structure of the system are designed, and the key technologies are analyzed in depth. The results show that the simulation training provides a complete solution for the development and application of the system.

Keywords: virtual reality technology; military vehicle; driving training simulation

0 引言

陆军部队实战化训练的发展和全域机动能力目标的提出, 对军用汽车驾驶员素质提出更高要求。当前, 军用汽车驾驶训练主要采用“理论讲授+实车操作”的方法组训, 受经济性和安全性限制, 特殊场景驾驶、恶劣环境驾驶和战场模拟驾驶等训练科目组织困难, 驾驶训练水平与实战化标准存在很大差距^[1]。

虚拟现实技术利用计算机创建虚拟环境, 使用户沉浸入虚拟世界^[2], 是信息化条件下构建真实战场环境的重要手段。目前, 很多学者基于虚拟现实技术, 设计了通用汽车驾驶训练的模拟器^[3-5], 但针对军用汽车驾驶模拟训练系统展开的研究较少, 且军用汽车与通用汽车的训练科目存在较大差异^[6]; 因此, 着眼军用汽车驾驶训练实际需求, 设计模拟训练系统, 对推动军用汽车模拟训练发展具有重要意义。笔者基于虚拟现实技术, 设计军用汽车驾驶模拟训练系统, 主要完成了系统的需求分析, 系统设计和关键技术等内容, 给出了具体实现方法, 为系统开发提供解决方案。

1 需求分析

围绕军用汽车驾驶训练系统, 从系统功能、训练科目和系统性能提出完整、具体的设计要求, 为系统设计指明方向。

1.1 功能需求

基于 UML 的分析方法, 绘制系统如图 1 所示, 完成了系统的功能需求分析。

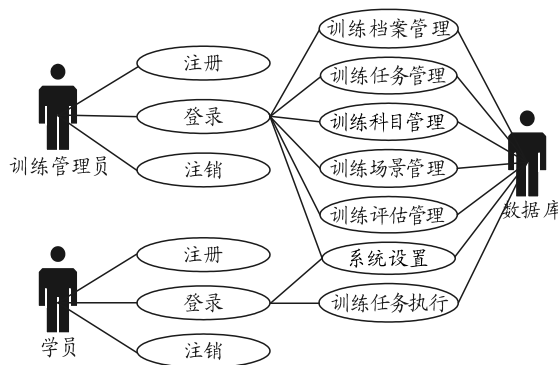


图 1 系统用例

系统主要面向训练管理员和学员 2 类用户, 需要具有以下主要功能:

1) UI 管理功能, 主要包括 UI 显示、场景切换、

收稿日期: 2023-02-07; 修回日期: 2023-03-05

作者简介: 陈永科(1972—), 男, 河北人, 博士, 教授, 从事军事训练学研究。E-mail: 616159005@qq.com。

任务设置和系统运行状态。

2) 用户管理功能, 主要包括用户的注册管理、登录管理和注销管理。

3) 数据存储功能, 主要包括训练档案存储、仿真建模存储和系统日志存储。

4) 训练管理功能, 主要包括训练任务管理、训练科目管理和训练评估管理。

5) 系统设置功能, 主要包括系统维护管理、显示设置管理和网络连接管理。

1.2 训练需求

军用汽车驾驶训练与通用汽车驾驶训练在训练课目上存在较大差异。通用汽车驾驶训练主要包括车辆基础知识、车辆场地驾驶和一般道路驾驶等基础科目。军用汽车驾驶训练, 在此基础上要进一步强化紧急避险训练、战术驾驶训练和特情处置训练。要理清军用汽车驾驶训练需求, 注重模拟各种复杂道路和危难险急情况, 使驾驶员能够通过模拟训练提高驾驶技能, 确保模拟驾驶训练有效开展。通过研读新军事训练大纲, 结合军用汽车驾驶员训练实际, 分析军用汽车驾驶训练特点及需求, 提出了模拟训练科目的需求分析, 详见表 1 所示。

表 1 军用汽车驾驶训练科目需求分析

| 类别 | 科目 | 内容 |
|----------|--------|--------------------------------|
| 基础 驾驶 | 场地驾驶 | 公路掉头、倒车移位、靠边停车、定点停车等基础科目 |
| | 一般道路驾驶 | 窄路会车、编队行驶、载重驾驶等基础科目 |
| | 特殊场景驾驶 | 上下铁路平车、上下船舰驾驶等进阶科目 |
| 进阶 驾驶 | 夜间驾驶 | 开灯驾驶、闭灯驾驶和使用微光器材驾驶等进阶科目 |
| | 牵引车辆驾驶 | 牵引故障车辆驾驶和牵引火炮入位等进阶科目 |
| | 复杂道路驾驶 | 隧道驾驶、越野道路驾驶、上下陡坡驾驶、上下长坡驾驶等进阶科目 |
| 特种 驾驶 | 恶劣环境驾驶 | 雨雪雾天驾驶、岸滩沙漠地驾驶、泥泞涉水驾驶等科目 |
| | 特情处置驾驶 | 淤陷车辆自救、行驶中车辆爆胎、遭敌火力突袭等科目 |
| | 战场模拟驾驶 | 遇敌雷区驾驶、燃烧路段驾驶、敌炮火封锁驾驶等科目 |

1.3 性能需求

军用汽车驾驶训练系统的性能, 直接影响训练的效果和质量, 结合现有模拟训练软件性能和训练需求, 从系统性能、易用性、可扩展性和设计约束进行分析。

1) 系统性能。系统要能够流畅运行训练任务, 避免复杂场景切换卡顿、死机等问题。

2) 易用性。操作模式符合习惯, UI 界面简洁美观、布局合理, 配备操作指引, 降低使用难度。

3) 可扩展性。训练科目、训练环境可导入、导出和删除, 预留外接口, 便于扩展。

4) 设计约束。具有良好的保密性和安全性, 运行环境基于 Windows 8 以上版本, 使用国产数据库, 加密系统模块限制用户权限。

2 系统总体设计

依据军用汽车驾驶训练系统需求分析, 完成系统的总体设计, 分别从系统的基本组成、架构设计和流程设计 3 方面进行描述。

2.1 基本组成

系统基本组成如图 2 所示。

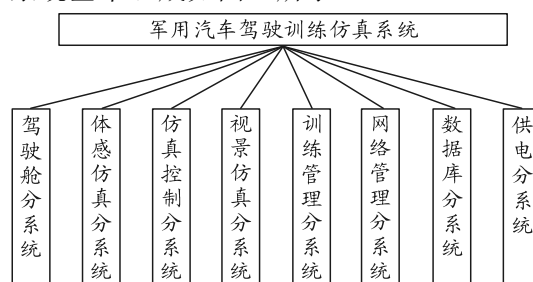


图 2 基本组成

1) 驾驶舱分系统: 由模拟座舱、信号采集器和控制软件组成, 模拟军用汽车驾驶室, 实现人机交互。

2) 体感仿真分系统: 由六自由度运动平台、伺服驱动系统和控制软件等构成, 模拟驾中加减速、上下坡、撞击等运动姿态。

3) 仿真控制分系统: 由中控计算机和仿真控制软件组成, 进行军用汽车仿真控制、动力学解算和体感仿真解算。

4) 视景仿真分系统: 由视景计算机、视景显示设备和视景仿真软件组成, 模拟仿真驾驶训练地形和环境。

5) 训练管理分系统: 由控制台计算机、训练管理软件等组成, 进行训练任务管理、训练考核管理和训练档案管理。

6) 网络管理分系统: 由网络交换机、切换器和网线组成, 用于连接局域网和互联网。

7) 数据库分系统: 使用国产达梦数据库, 用于存储训练档案、仿真数据和系统日志等。

8) 供电分系统: 由供电组件、固定电源和线缆组成, 负责设备供电。

2.2 架构设计

系统总体架构分为 3 层, 分别为表现层、逻辑

层和基础服务层，架构设计如图 3 所示。

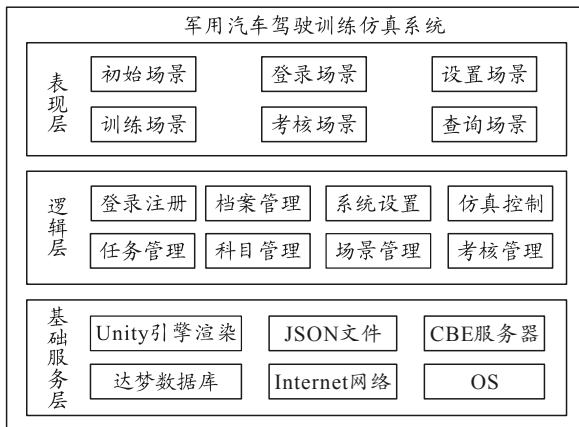


图 3 系统架构

表现层是可供用户操作的 UI 界面，主要有初始场景、登录场景、设置场景、训练场景、考核场景和查询场景 6 个场景，场景中设有不同功能的 UI 控件和事件响应接口，用于相关操作。

逻辑层是系统功能实现的逻辑体现，主要包括登录注册、档案管理、系统设置、仿真控制、任务管理、科目管理、场景管理和考核管理 8 大功能，并将运行结果在表现层中进行展示。

基础服务层为系统提供基本技术支撑，主要包括 Unity 渲染、JSON 文件、CBE 服务器、达梦数据库、Internet 网络和 OS 等服务，提供动画渲染、数据存储及网络服务等底层支持。

2.3 流程设计

系统运行流程如图 4 所示。

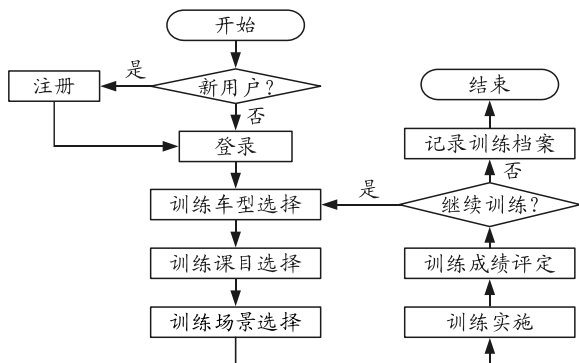


图 4 运行流程

系统加载后，用户进行身份验证，验证通过进入训练设置界面。在训练设置界面，用户按训练需求依次进行车型选择、科目选择和场景选择，设置训练任务，开始训练实施。训练任务结束后，系统评定并反馈训练成绩。用户选择继续训练或停止训练。继续训练，返回训练设置界面；退出训练，系统记录训练档案，系统退出。

3 软硬件设计

3.1 硬件设计

系统硬件设备主要由高性能计算机、驾驶舱总成、体感仿真平台、视景仿真设备、网络支持设备和供电支持设备等组成，硬件总体结构设计如图 5 所示。

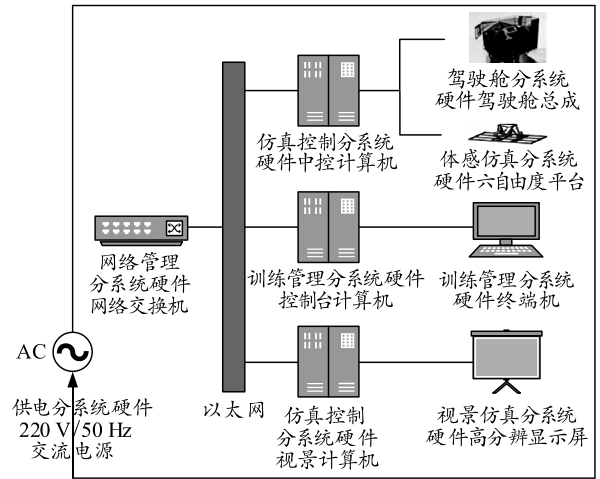


图 5 硬件结构

1) 高性能计算机：包括中控计算机、控制台计算机和视景计算机。中控计算机主要功能是仿真控制，控制驾驶舱总成和体感仿真平台，需要较高的计算能力。控制台计算机主要功能是训练管理，管理人员信息、训练任务和考核评估。视景计算机主要功能是视景输出，输出驾驶训练模拟视景，需要较高的图形渲染能力。

2) 驾驶舱总成：包括方向盘、踏板、换挡器、仪表盘、视景显示设备、音频输出设备和信号采集设备等，模拟军用汽车驾驶舱的布局、外形和操作等。

3) 视景仿真设备：由 4 块高清显示屏组成，其中 2 块主显示屏分别位于正副驾驶位置，用于模拟驾驶员正向视角；2 块副显示屏位于驾驶员侧面，用于模拟侧向视角及倒车镜视角。

4) 体感仿真平台：由六自由度运动平台组成，用于模拟训练过程中的姿态变化。

5) 网络支持设备：包括网络交换机、切换器和网线，用于支持设备网络连接。

6) 供电支持设备：包括 220 V/50 Hz 的交流电源和 24 V 直流电源，用于支持设备用电。

3.2 软件设计

系统软件主要包括训练管理软件、仿真控制软件和视景仿真软件，组成结构如图 6 所示。

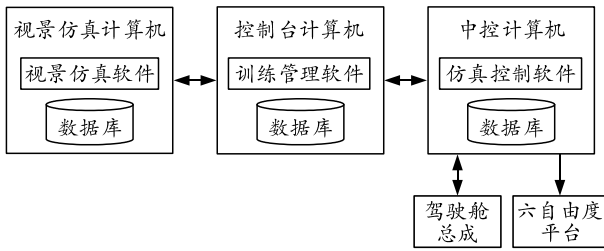


图 6 软件结构

1) 训练管理软件。主要用于驾驶训练组织，是训练管理分系统的核心，部署于控制台计算机。主要具有人员信息管理、训练任务管理和考核评估管理等功能，训练管理员可通过训练管理软件控制、干预、纠正受训者的训练行为。训练管理软件的功能模块如图 7 所示。

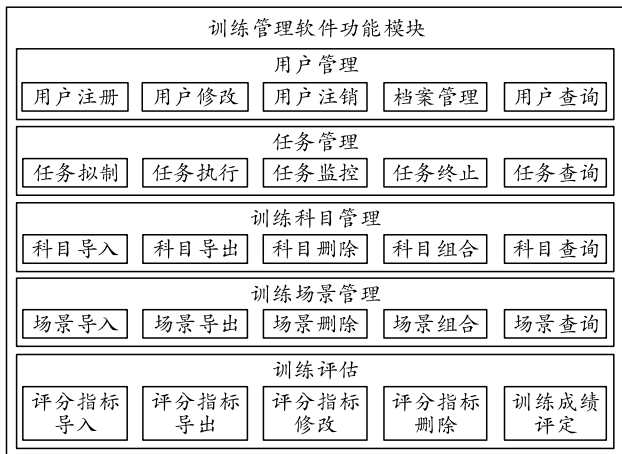


图 7 训练管理软件功能管理模块

2) 仿真控制软件。主要用于控制驾驶舱分系统、体感仿真分系统、视景仿真分系统和数据库分系统的协调运作，是仿真控制分系统的核心。主要具有驾驶舱信号采集、体感仿真平台控制、训练视景模拟和运动学解算等功能，仿真控制软件的功能模块如图 8 所示。

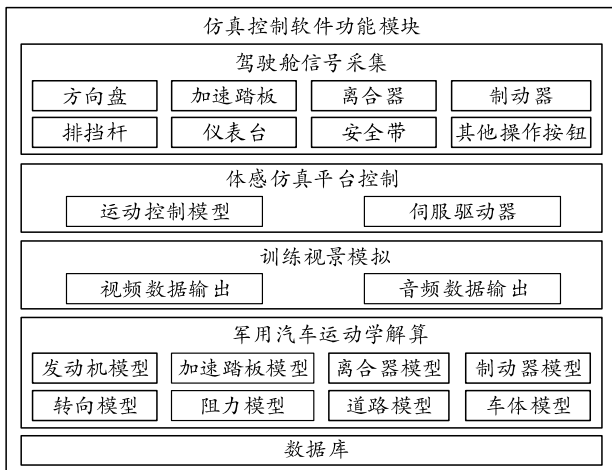


图 8 仿真控制软件功能模块

3) 视景仿真软件。主要由视景数据库和基础软件组成，用于军用汽车驾驶训练地形地貌、战场环境和战术情况等虚拟视景模拟，使驾驶员在近似真实的环境中训练。视景数据库基于 Unity 3D 引擎开发，主要根据军用汽车驾驶训练的特点和需求^[7]，建立训练场景、典型路况、特殊路况以及实战环境等环境模型，以及雨、雪、火光、烟尘和爆炸等特效模型。基础软件通过 C#语言开发，通过 Unity 3D 平台调用视景数据库资源，实现各类训练场景的组合、加载和渲染。

4 关键技术

4.1 军用汽车物理模型仿真

军用汽车仿真模型是模拟训练系统视角变化的中心，影响模训练的沉浸感和真实性。军用汽车仿真模型越接近实车，驾驶员训练体验感越强。虽然当前主流的 3DMAX 等主流建模软件有各型号汽车的开源模型，但由于军用汽车保密要求，缺少军用车辆的仿真模型。笔者使用 3DMAX 软件，以某型军用汽车为例，构建军用汽车的 3 维模型，如图 9 所示，主要分为 6 个步骤。

- 1) 建模准备，将军用某型汽车的三视图(前视图、侧视图和底视图)导入 3DMAX 软件。
- 2) 曲面建模，使用 poly 曲面建模，从车辆侧视图开始构造汽车曲面。开始从单个面的平面上创建，然后转换为可编辑多边形创建出模型。
- 3) 扩展曲面，将平面放置于侧视图，沿汽车边缘进行曲面扩展。使用多边形建模技术，在俯视图中逐步拉伸完善。
- 4) 效果渲染，使用 3DMAX 自带的材质和扫描线渲染器进行渲染。
- 5) 细节处理，对车轮、后视镜、备胎等外部配件进行建模和处理。
- 6) 物理模型构建完成后，将模型导入 Unity 3D 引擎，利用脚本文件可实现军用汽车的运动和音效。

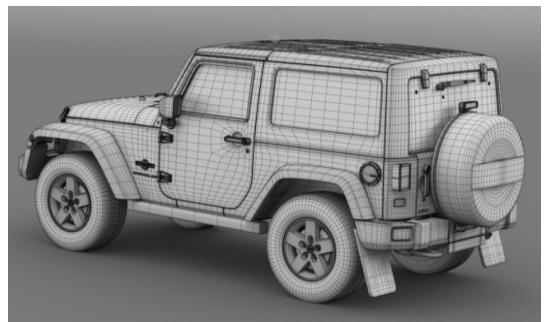


图 9 某型军用车 3D 建模

4.2 虚拟训练场景的搭建

环境仿真是真实环境模拟化的过程，建立近似真实的虚拟训练环境，模拟光照、雨雪雾等天气的视觉特性，给用户在训练过程中提供虚拟的训练环境和连续变化的驾驶室场景，使用户产生近似在战场驾驶的感觉，是训练仿真的重要环节，直接影响仿真系统的质量。

道路地形的建模仿真，采用 Global Mapper 3 地形软件和 Unity 3D 引擎生成训练地形，在 Global Mapper 3 维地形软件中生成地形后，导入 Unity 3D 平台，按照素材准备、地貌修理、地表纹理、水系设置、道路设置、植被叠加等步骤进行优化。

天气系统的建模仿真，使用 Unity 3D 系统中的点光源、平行光源和区域光源的组合模拟昼夜环境，搭建夜间驾驶、闭灯驾驶等训练环境。使用 Unity 3D 的粒子组件 Patical System，配合光源使用，可模拟雨、雾、雪等特殊天气情况和爆炸、烟尘等战术情况，使用户产生近似在战场驾驶的感受，提高系统的沉浸感。

5 结束语

军用汽车驾驶训练系统，能够为部队驾驶员训练提供一种新训练手段，有效解决军用汽车驾驶训

练组织困难的问题。笔者紧密结合驾驶训练实际需求，提出军用汽车驾驶训练系统的需求分析，设计军用汽车驾驶训练系统的系统结构、功能模块和工作流程，开发各类物理模型和数学模型，为军用汽车驾驶员提供“训练和考核”的模拟驾驶训练平台。此外，笔者设计的功能模块、软件系统均采用模块化设计，具有通用性，能够为同类设计提供技术参考。

参考文献：

- [1] 苏文甲. 运用交互分布式模拟训练技术开展军车驾驶教学问题思考[J]. 科技资讯, 2019, 17(22): 210-211.
- [2] 李雪冰. 基于虚拟现实技术的舰船驾驶环境仿真模拟[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(12): 34-36.
- [3] 刘艳霞. 虚拟现实技术在机车模拟驾驶训练系统的应用[J]. 铁路计算机应用, 2016, 25(10): 62-64.
- [4] 袁瑞辰, 孙涛. 基于虚拟驾驶的仿真平台设计[J]. 工业计算机, 2019, 32(6): 57-60.
- [5] 刘东波, 廖小冬, 王长君, 等. 汽车驾驶模拟器及其关键技术研究现状[J]. 公路与汽运, 2010(5): 53-59.
- [6] 罗昔柳, 郑小刚, 杜浩, 等. 特种车辆模拟驾驶系统的研究与开发[J]. 装备制造技术, 2018, 285(9): 29-37.
- [7] 郑威, 刘仍贵. 加强陆军部队汽车驾驶员实战化训练的思考[J]. 军事交通学院学报, 2020, 22(11): 73-77.

(上接第 57 页)

参考文献：

- [1] 隋红建, 吴璇. 计算机网络与通信[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001: 58-62.
- [2] LIU Q, YANG Z K, DUAN G H. Improved Congestion Control Algorithm in Wide Bandwidth and Long Delay Network[J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 462-463: 997-1000.
- [3] ZHANG W, CHANG Y, LIU Y, et al. Study on the QoE for VoIP Networks[J]. Journal of Networks, 2014, 9(2): 515-522.
- [4] 刘达, 王勇, 褚文奎, 等. 航空电子系统中串型光纤通道网络建模与仿真[J]. 应用激光, 2015, 35(6): 724-728.
- [5] 祝晓鲁, 张凤鸣, 王勇, 等. 航空电子系统中 FC 网络的仿真和延迟估计[J]. 电光与控制, 2011, 18(5): 54-58, 75.
- [6] WU X, LIU J, CHEN G. Analysis of Bottleneck Delay and Throughput in Wireless Mesh Networks[C]//IEEE

- International Conference on Mobile Ad hoc & Sensor Systems. IEEE, 2006.
- [7] BISNIK N, ABOUZEID A. Delay and Throughput in Random Access Wireless Mesh Networks[C]//IEEE International Conference on Communications. IEEE, 2008.
- [8] LEI L, ZHOU J, CHEN X, et al. Modelling and analysing medium access delay for differentiated services in IEEE 802.11s wireless mesh networks[J]. Networks Iet, 2012, 1(2): 91-99.
- [9] 石治国, 高爱国. 无线 Mesh 网络在遥测传输中的应用[J]. 兵工自动化, 2020, 39(4): 53-56.
- [10] 范鹏程, 祝利, 安永旺. 基于排队网络的 AEER 情报处理系统效能评估[J]. 兵工自动化, 2018, 37(7): 1-6.
- [11] 谢希仁. 计算机网络[M]. 7 版. 北京: 电子工业出版社, 2017: 113-115.
- [12] 张文革. 基于 OPNET 的军事通信网络仿真及应用[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006.
- [13] 张锋, 韩玮, 叶丽娜. 基于 OPNET 的军事通信网扩展 WLAN 仿真[J]. 电子设计工程, 2011, 19(9): 4.