

1-4-2019

Design and Implementation of Virtual Visual Simulation Platform for Maritime Wireless Transmission

Yuxuan Tong

1.College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China; ;

Bin Lin

1.College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China; ;

Hongxiang Ren

2.College of Navigation, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

Tao Rui

2.College of Navigation, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Design and Implementation of Virtual Visual Simulation Platform for Maritime Wireless Transmission

Abstract

Abstract: Based on the actual demand of simulating wireless transmission on the sea, a *simulation platform with stronger immersion and more real-time data is designed, which combines visual simulation technology and maritime wireless transmission* to replace the traditional methods which just build mathematical charts and tables. The traditional channel models are improved and a *connection among the free space path loss, reflection loss and so on is built. Different models aim to different communication bands for establishing a widely used transmission. Unity 3D game engine is used to recover a real scene and realize environment configuration and roles control. The foreground displays and the background computing results are integrated to make the real-time display of communication quality and channel variation come true.*

Keywords

maritime wireless propagation, visual simulation, immersion, real-time data, Unity 3D

Recommended Citation

Tong Yuxuan, Lin Bin, Ren Hongxiang, Tao Rui. Design and Implementation of Virtual Visual Simulation Platform for Maritime Wireless Transmission[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(11): 4227-4235.

海上无线传输虚拟可视化仿真平台设计与实现

佟禹瑄¹, 林彬¹, 任鸿翔², 陶瑞²

(1.大连海事大学信息科学技术学院, 辽宁 大连 116026; 2.大连海事大学航海学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 从仿真海上无线传输的实际需求出发, 设计代入感更强、数据实时性更高的海上无线传输仿真平台, 将可视化技术与海上无线信道模型相结合, 取代传统的偏向于数学公式和图表的仿真方法。对传统的海上无线信道模型进行改进, 将自由空间损耗、反射损耗、绕射损耗和大气损耗相结合, 构建应用性更强, 频段涵盖范围更广的信道模型; 用 Unity 3D 恢复真实场景并实现环境配置和角色控制; 将后台海上无线信道模型的计算结果与前台场景相结合, 在虚拟环境中实时显示通信质量和信道变化。

关键词: 海上无线传输模型; 可视化仿真; 代入感; 数据实时性; Unity 3D

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 11-4227-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201811022

Design and Implementation of Virtual Visual Simulation Platform for Maritime Wireless Transmission

Tong Yuxuan¹, Lin Bin¹, Ren Hongxiang², Tao Rui²

(1.College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

2.College of Navigation, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: Based on the actual demand of simulating wireless transmission on the sea, a simulation platform with stronger immersion and more real-time data is designed, which combines visual simulation technology and maritime wireless transmission to replace the traditional methods which just build mathematical charts and tables. The traditional channel models are improved and a connection among the free space path loss, reflection loss and so on is built. Different models aim to different communication bands for establishing a widely used transmission. Unity 3D game engine is used to recover a real scene and realize environment configuration and roles control. The foreground displays and the background computing results are integrated to make the real-time display of communication quality and channel variation come true.

Keywords: maritime wireless propagation; visual simulation; immersion; real-time data; Unity 3D

引言

海上船舶与海洋信息的互联互通对海上通信的带宽、时延、容量、可靠性等均提出更高要求。



收稿日期: 2018-05-30 修回日期: 2018-06-26;
基金项目: 中央高校基本科研业务费(3132016318);
作者简介: 佟禹瑄(1994-), 女, 满族, 辽宁沈阳, 硕士, 研究方向为移动通信, 通信系统仿真; 林彬(1977-), 女, 辽宁大连, 博士, 教授, 博导, 研究方向为海上无线宽带通信与网络技术, 网络规划, 网络资源分配, 海事时空数据挖掘, 系统优化与仿真。

准确构建和仿真海上无线信道模型是改善通信质量、提高通信效率、克服传输带来失真的关键。传统的仿真方法更偏向于通过数学公式和图表进行演示, 数据实时性不高, 仿真过程也枯燥乏味。除此之外, 很多时候实验人员需要出海进行数据测量, 这种方法会造成人力物力等多种资源的消耗且实验人员的安全无法保障。针对上述问题, 本研究将虚拟可视化技术与海上无线信道模型相结合, 改

<http://www.china-simulation.com>

• 4227 •

进了以往单纯基于数学公式和数学图表的展示方法,在虚拟的海洋环境中实时显示海上无线传输效果,建立了通信质量与影响因素之间的关联,实现数据特征的直观表达,有利于海上无线传输系统与网络的进一步设计与研究。

目前,在海上无线信道模型构建方面,现有的模型考虑因素不够全面,如文献[1-2]分别考虑了多径衰落和反射特性对海上无线传输的影响,而文献[3-4]分别针对 VHF 和 UHF 频段对海上无线信道模型的传输损耗问题进行建模与仿真。就现状来看,针对绕射损耗的研究甚少,但海上恶劣环境以及焦岩、冰川等障碍物都会对通信产生极大的影响。因此,目前仍缺乏一种涵盖多种频段和多种传输损耗影响因素的、适用性更广的海上无线信道模型。

在通信仿真平台方面,目前的通信仿真多采用 OMNET++、MATLAB、OPNET 等工具。OMNET++ 是开源的多协议网络仿真软件,具有完善的图形界面接口,但仿真模式较为单一,只能针对网络模型和网络协议进行仿真; MATLAB 绘图功能非常强大,封装了通信及数字信号处理的许多函数,这为系统仿真提供了很好的条件,但是软件运行效率低,此外,在仿真过程中不便于实时调整参数。

OPNET 功能强大,可以仿真几乎所有的网络,但是价格高昂而且模块更新速度慢,个人以及小型机构难以负担高昂的安装及维护费用。从以上对现有通信仿真平台的分析中可以看出,海上无线传输仍然缺乏一个交互性更强、数据实时性更高、成本更低廉的仿真平台。

综上所述,我们将可视化仿真技术与海上无线信道模型相结合,提出一种应用于海上实验室的仿真平台。我们的贡献主要有 2 方面: 1) 建立了一个涵盖多频段的,多种影响因素的海上无线信道模型,它将计算出更准确的海上无线信道传输损耗; 2) 构建一个更具代入感,交互性更强,数据实时性更高,成本更低廉的通信仿真平台,为通信仿真的发展提供一种新的设计思想。

1 仿真平台系统结构设计

1.1 仿真平台的系统框图

本文利用 3D 游戏引擎构建一个涵盖多种海上无线信道传输损耗模型的通信仿真平台,该仿真平台系统框图如图 1。

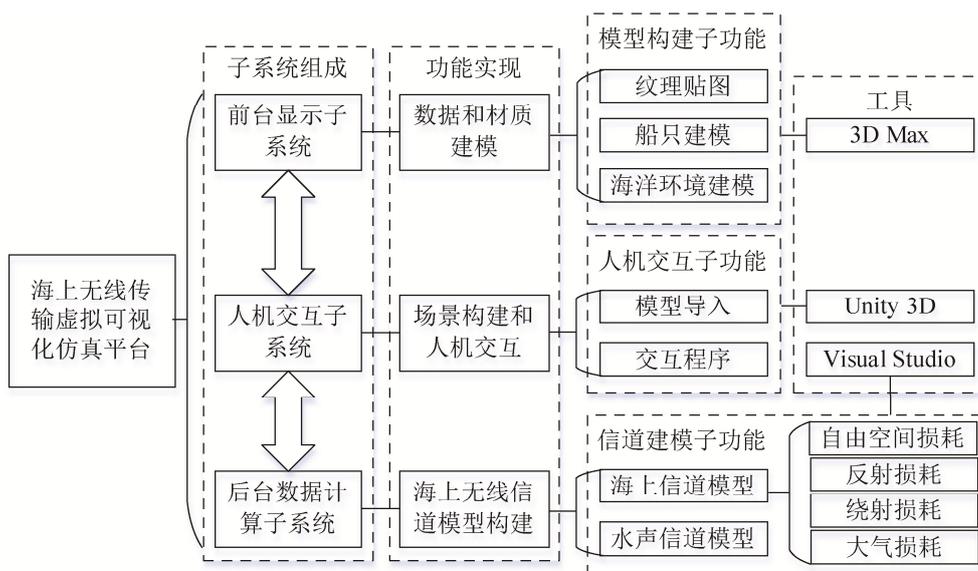


图 1 系统框图

Fig. 1 System block diagram

在我们的海上无线传输虚拟可视化仿真平台中, 主要由前台显示子系统、后台数据计算子系统以及人机交互子系统组成。在前台显示子系统中, 利用 3DMAX 建模软件构建出真实场景中的船、基站等元素, 为仿真真实海洋及通信环境提供必要设施。其次, 海上无线信道模型构建主要包含了海上信道模型以及水声信道模型构建。在后台数据计算子系统中, 本文针对海上无线信道模型构建部分, 提出将自由空间损耗、反射损耗、绕射损耗以及大气吸收损耗相结合的思想, 针对不同的通信频段, 利用 Visual Studio 软件计算出相应的海上无线信道传输损耗值, 以优化现有的海上无线信道模型只针对部分频段或部分传输损耗进行仿真的不足。最后在人机交互子系统中, 将前台显示的物理模型和虚拟场景植入 Unity 3D 游戏引擎中, 与后台信道模型与仿真数据的计算结果相结合, 构建可人机交互的虚拟场景以及后台数据实时更新的仿真平台。

1.2 仿真平台的分层结构

海上无线传输虚拟可视化仿真平台采用分层结构, 每一层是一类功能的集合, 层与层之间存在信息和数据的交换, 如图 2 所示。

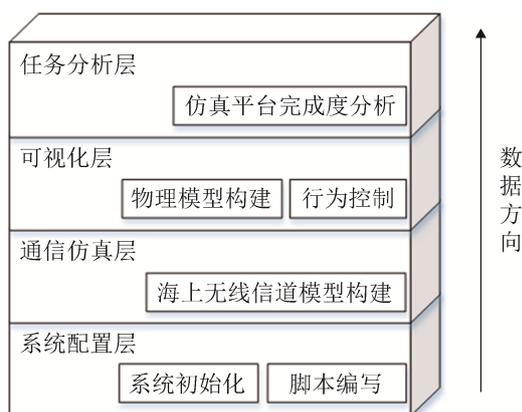


图 2 分层结构
Fig. 2 Layered structure

系统配置层: 完成系统的初始设置并以脚本的方式设计和实现仿真任务。

通信仿真层: 分析海上无线信道模型并完成计算。

可视化层: 建立虚拟可视化仿真平台, 如海洋场景的仿真、风力云雾等自然现象的仿真, 同时根据海上无线信道模型的计算结果, 完成仿真平台的可视化显示。

任务分析层: 分析虚拟可视化仿真平台实际仿真结果与预设仿真结果之间的差距, 以获取仿真平台的完善度。

数据方向: 数据从低层向高层进行传递。低层不能跨过中间层直接使用高层的数据和信息, 但高层可以跨过中间层, 直接使用低层的信息。例如在可视化层可以直接调用系统配置层中的任务脚本。

2 海上无线传输损耗

通信仿真层主要实现的功能是海上无线信道模型的分析与构建。海上无线信道有以下几个特征: 第一, 海洋环境障碍物遮挡少, 所以绕射损耗小, 但反射损耗会在微波频率范围内增大; 第二, 当电磁波信号传输距离较长时, 需要考虑地球表面曲率的影响; 第三, 海上天气状况、障碍物等都会对海上无线信道传输损耗产生干扰; 第四, 海浪的连续运动会对天线位置产生影响。区别于传统的只针对部分频段或部分传输损耗进行仿真的局限, 我们综合分析上述海上无线信道特征, 构建适用于海上无线传输的信道模型。

2.1 自由空间传输损耗

在海上 VHF 和 UHF 频段的无线信道模型中, 无线信号主要通过视距传输, 可视为自由空间传输。自由空间传输损耗是由无线电波逐渐远离信号发射点、传输能量在自由空间的扩散引起的。自由空间传输损耗 L_0 为^[5]:

$$L_0 = 20 \lg f + 20 \lg d - 147.55 \quad (1)$$

式中: f 为信号的工作频率, 单位 Hz; d 为收发天线之间的距离, 单位 m。

2.2 反射损耗

2.2.1 海水的介电常数

要准确有效的计算出镜面反射系数和漫反射

系数, 必须依赖海水复介电常数 ε 的计算^[6]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_{\infty}}{1 - i2\pi f \tau} - \frac{i\sigma}{2\pi f \varepsilon_0} \quad (2)$$

式中: $\varepsilon_{\infty} = 4.9$ 为无限高频的介电常数; $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ 为静态介电常数; 参数 ε_1 、 τ 、 σ 与温度 T (°C) 和湿度 S (ppt) 相关。针对海上常用的 UHF 和 VHF 频段, 海水温度及盐度取值为通用的 28 °C 和 32.54‰。

2.2.2 反射系数

通过海洋表面的菲涅尔反射系数来研究海面电磁波的相互作用。根据 Snell 定律可得, 水平极化波 F_H 和垂直极化波 F_V 的菲涅尔反射系数公式为^[7]:

$$F_H = \frac{\varepsilon \cos \theta - \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}}{\varepsilon \cos \theta + \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}} \quad (3)$$

$$F_V = \frac{\cos \theta - \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{\varepsilon - \sin^2 \theta}} \quad (4)$$

式中: θ 为电磁波入射角; ε 为式(2)中的海水复介电常数。

2.2.3 海上电磁波反射损耗

反射信号包括第一菲涅尔区以外、有效散射区以内的漫反射信号和第一菲涅尔区以内的镜面反射信号。采用地球等效球面法对海上反射传播模型进行分析, 如图 3 所示, d 为收发天线间的距离; d_1 为反射点与发射机之间的距离; h_1 和 h_2 为天线高度; R 为地球半径。

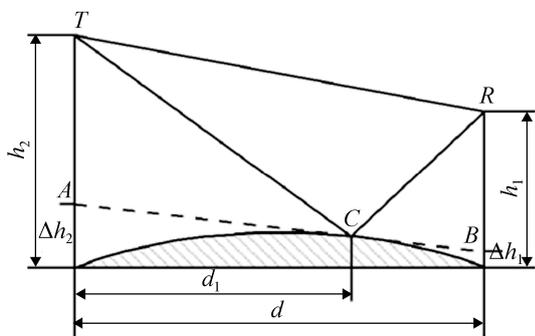


图3 VHF 和 UHF 电波在海上的反射路径
Fig. 3 Reflection path of VHF and UHF radio waves on the sea

由于地球的半径远远大于天线的高度, 因此发射天线与接收天线的等效高度 h'_1 和 h'_2 可用下式近似表示。

$$h'_1 = h_1 - \Delta h_1, \quad \Delta h_1 = \frac{d_1^2}{2KR}$$

$$h'_2 = h_2 - \Delta h_2, \quad \Delta h_2 = \frac{d_2^2}{2KR}$$

其中 h'_1 和 h'_2 是发射天线和接收天线的等效高度, $K=4/3$ 是等效地球半径的比例系数。

根据路径损耗定义, 海上电磁波反射损耗 L_R 为^[4]:

$$\begin{aligned} L_R = -10 \lg \left| \frac{P_d(R)}{P(R)} \right| &= -10 \lg \left[1 - 2R \cos(k\Delta r) + R^2 \right] = \\ &= -10 \lg \left[1 - 2R \cos \left(k \frac{2h'_1 h'_2}{d_1 + d_2} \right) + R^2 \right] = \\ &= -10 \lg \left[1 - 2R \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{2h'_1 h'_2}{d_1 + d_2} \right) + R^2 \right] \end{aligned} \quad (5)$$

第一菲涅尔区以内的镜面反射信号的有效反射系数 $R = FM\rho_a$, 其中 F 是公式(3)和(4)中提及的菲涅尔反射系数; M 是地球扩散系数, 主要描述地球曲率对电磁波能量的衰落; ρ_a 是镜面反射系数的修正因子。

2.3 绕射损耗

高低起伏的海面或障碍物的阻挡会导致能量的损耗。绕射损耗的计算取决于障碍物的形状、高度和电磁波的特性, 同时还受到地面或海面的大气折射情况、通信双方天线高度以及电磁波频率的影响。

2.3.1 等效绕射模型

单刃绕射模型是一种理想的模型, 它将障碍物视为等腰三角形, 而现实中的障碍物很少是规则三角形, 所以又提出等效绕射模型。它将障碍物顶部视为弧形, 如图 4 所示, 当天气情况非常恶劣, 海情级数在 7 级以上, 海浪到达 10 m 甚至更高的情况下, 可以用等效绕射模型对绕射损耗进行预测。

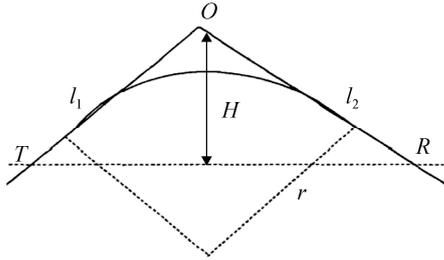


图 4 等效绕射模型

Fig. 4 Equivalent diffraction model

图 4 中, l_1 和 l_2 是从障碍物顶端到发射端和到接收端的距离, H 是障碍物顶端到地平线的距离, R 是地球的等效半径。绕射损耗 L_D 的公式为^[4]:

$$L_D = L_S + \alpha m^\beta \quad (6)$$

式中: L_S 是单刃绕射损耗; α 、 β 、 m 是与 l_1 、 l_2 、 H 和 R 相关的函数。

2.3.2 经验模型

电磁波在传播过程中遇到的障碍物很少是理想的规则几何体, 难以进行理论分析。文献[4]介绍了在波浪高度低于 10 m 的情况下, 绕射损耗的经验模型:

$$L_D = 11 + 20.1 \times \frac{\frac{d_i h_r + d_r h_i}{d_i + d_r} - \frac{d_i d_r}{2k_r} - H}{17.32 \sqrt{\frac{d_i d_r}{f \cdot (d_i + d_r)}}} \quad (7)$$

式中: d_i 和 d_r 是反射点到第一站和第二站的距离; h_i 和 h_r 是发射机和接收机的天线高度; k_r 是地球等效半径; H 是障碍物的高度。

2.4 海面大气吸收损耗

在 VHF 和 UHF 频段, 海面对电波起吸收作用的主要是氧气和水蒸气。其中, 氧分子损耗率和水蒸气分子损耗率可用下式近似计算^[3]。

$$\gamma_o = \left[7.19 \times 10^{-3} + \frac{6.09}{f^2 + 0.227} + \frac{4.81}{(f - 57)^2 + 1.5} \right] \times f^2 \times 10^{-5}$$

$$\gamma_w = \left[\frac{2.4}{(f \times 10^{-3} - 22.3)^2 + 6.6} + \frac{7.33}{(f \times 10^{-3} - 183.5)^2 + 5} + 0.067 + \frac{4.4}{(f \times 10^{-3} - 323.8)^2 + 10} \right] \times f^2 \rho \times 10^{-10}$$

式中, 水蒸气密度 ρ 的取值为海面水蒸气在 15°C 时的密度, 取值为 12.8 g/m³。空气吸收总损耗 L_α :

$$L_\alpha = (\gamma_o + \gamma_w) \cdot d \quad (8)$$

式中: γ_o 是氧分子损耗率; γ_w 为水分子损耗率; d 为收发天线间的距离。

3 仿真平台可视化关键技术

在场景构建的过程中, 主要包括真实场景中的物理模型在软件中虚拟还原和物理模型的行为控制, 这些功能主要通过下述两个软件的配合来实现。其一是 3DMAX, 是 Discreet 开发的一款三维动画渲染和制作软件。其二是 Unity3d, 是由丹麦 Unity Technologies 公司开发的游戏开发工具, 可以应用于游戏设计、互动应用开发及实时动画的制作^[8]。

3.1 物理模型构建

3.1.1 船只建模

利用 3DMAX 模型构建软件, 以船只的建模为例, 可以先将船只看作是简单的五面体; 然后通过三维空间中的坐标, 分配一系列有序的点, 接着使用多边形拉伸等工具, 创建点、线、面和参考栅格平面, 搭建船只、甲板等主体结构; 最后在此基础上, 搭建船舱、桅杆、天线等船上设施。应用类似的方法, 可以构建基站、岛屿等物理模型。为使模型更加逼真, 可以再利用纹理贴图功能进行进一步的处理。模型构建完成后导出为 .FBX 格式文件, 便可直接在 Unity 3D 中拖入模型文件。

3.1.2 海浪设计

海浪是海洋区别于其他水面环境的重要特征, 为了模拟三维海洋效果, 海浪的形状通常被描述为正弦波。但由于外力及内力的相互作用, 海浪的波形被描述为摆线波更为合适。该波形可以被定义为圆上的一个点沿直线滚动时产生的曲线, 如图 5 所示^[9], 点 A 做圆周运动的同时, 圆周沿波浪的正弦波轨迹运动。

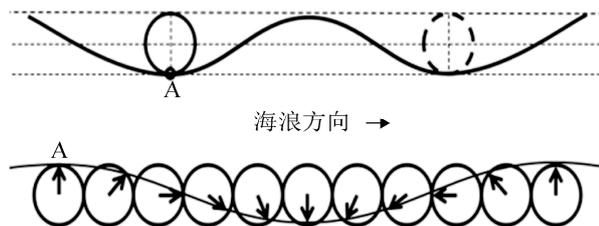


图5 海浪运动轨迹
Fig. 5 Wave trajectory

将 A 点的运动过程在 Unity 3D 游戏引擎中, 利用 C# 语言编程仿真出来, 并假设水平面上有若干个进行摆线运动的点, 即可还原出逼真的海浪效果。

3.1.3 风力设计

在海洋环境中, 海浪的高度与风力的大小息息相关, 船只的晃动程度也会随着风力大小和海情级数的变化而变化。海浪的高低起伏状态可以使用海情级数进行分类, 见表 1。

表 1 海情级数^[9]
Tab. 1 Sea level series

海情级数	海浪高度 h/m	海况
0 级	$h = 0$	镜面
1 级	$0 < h \leq 0.30$	微浪
2 级	$0.30 < h \leq 0.90$	小浪
3 级	$0.90 < h \leq 1.55$	中浪
4 级	$1.55 < h \leq 2.45$	强浪
5 级	$2.45 < h \leq 3.75$	巨浪
6 级	$3.75 < h \leq 6.15$	狂浪
7 级	$6.15 < h \leq 12.2$	怒浪
8 级	$h > 12.2$	汹涌
9 级

道格拉斯级数中给出了海情级数与海浪高度的关系, 在虚拟场景中, 将海浪高度按照比例进行调整, 通过改变海浪正弦波的参数来实现对海浪高度控制。

3.1.4 云雾及天空设计

场景中的摄像机反映了人眼看到的虚拟场景, 因此云雾效果是通过对摄像机镜头进行处理, 在镜头上增加滤镜来模拟的, 随着控制参数的增加, 滤镜深度随之增加, 云雾效果也随之增大。而

天空效果是通过 Unity 3D 软件自带的天空盒来实现的, 可以将不同天气背景插件载入到场景中, 同时在场景中增加仿真太阳光的光源, 通过调节参数来改变太阳光的照射角度, 以实现场景的明暗变化。

3.2 行为控制

3.2.1 漫游行走交互

漫游行走的交互主要有视角控制和船只控制。在视角控制中, 用户可以通过鼠标控制场景的远近和旋转; 而在行走控制中, 用户可以通过键盘控制船只的行进和转向。这一功能是通过在船只和摄像头上分别附加控制脚本来实现的。在脚本中, 首先获取按键信息, 判断键盘或鼠标上用于控制物体运动的特定按键是否被按下, 再根据按键信息执行相应的语句。例如当检测到键盘中“上”键被按下时, 系统会执行控制船只前进的语句, 以此来实现漫游行走交互。

3.2.2 界面交互

在界面交互中, 使用者可以对风力大小、太阳位置、天气情况等环境影响因素进行控制。该功能与行走交互的实现相似。在脚本中, 首先获取控制条的参数信息, 当用户拖动控制条时, 参数会随之改变, 同时将该参数赋给与之对应的影响因素。例如场景中当前风力为 3 级, 当用户拖动控制条设置风力为 5 级时, 系统将当前参数赋值给海浪, 海浪会随之变大。利用同样的方法, 可以控制场景中的其他环境影响因素。

4 仿真

在本章中, 将可交互性融入海上无线传输虚拟可视化仿真平台, 根据船只位置、风力大小等因素的改变, 实现仿真平台数据的实时更新。为了验证数据的有效性, 利用 MATLAB 对信道模型的传输总损耗进行仿真, 同时与仿真平台得到的实时数据进行对比。

4.1 后台数据计算

在第二章中, 我们对传统的信道模型做出改进, 将自由空间损耗、反射损耗、绕射损耗及大气损耗相结合。总传输损耗 L 的计算如下:

$$L = L_0 + L_R + L_D + L_\alpha$$

式中: L_0 是公式(1)中的自由空间损耗; L_R 是公式(5)中的反射损耗; L_D 是公式(6)和(7)中的绕射损耗; L_α 是公式(8)中的大气损耗。

图 6 根据 MATLAB 的仿真结果, 比较了不同频段下, 收发天线高度均为 10 m, 风力为 3 级时, 通信距离与传输总损耗的关系。

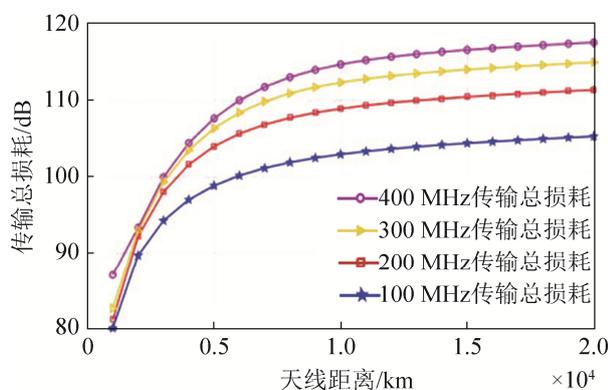


图 6 传输总损耗

Fig. 6 Total transmission loss

图 6 中 4 条线由下到上依次代表了 100 MHz 到 400 MHz 的通信频率下, 海上无线信道传输损耗的变化趋势。可以看出, 传输损耗会随着通信距离和通信频率的增加而逐渐增大。由于反射损耗达到峰值后会逐步下降, 因此总传输损耗的增长趋势变小, 但反射损耗的影响效果没有自由空间损耗的影响效果大, 因此总体来看, 总传输损耗仍然呈上升趋势。

4.2 可视化仿真平台演示

4.2.1 自然环境影响因素

为了还原出真实的海上环境, 在仿真平台中, 用户可以通过拖动场景左侧的控制条来对太阳位置、风力、云雾等自然影响因素进行控制, 图 7 和图 8 都以船 A 为主视角, 对比了不同参数对环

境的影响。



图 7 一级风, 没有雾

Fig. 7 One wind level, without fog



图 8 六级风, 中级雾

Fig. 8 Six wind level, intermediate fog

通过对两种自然环境的演示可以看出, 在一级风没有雾的情况下, 微浪, 海面略微粗糙, 且场景清晰; 而在六级风中中级雾的情况下, 狂风, 海面波涛汹涌, 且场景中烟雾缭绕。该仿真平台的虚拟场景非常近似于真实的自然环境, 令使用者拥有身临其境的感受。

4.2.2 前台通信性能仿真与结果显示

在海上无线传输虚拟可视化仿真平台中, 可以在仿真开始前或仿真过程中对通信频率、天气情况、船只位置以及天线高度等参数进行设置, 仿真结果也会随之改变。下面的场景展示了仿真平台的实时性和交互性优势, 表 2 给出了当前设置的参数信息。

根据国际海事通信的统一规定, 海上船用 VHF 的工作频率范围: 发射频率 156.025~157.425 MHz; 接收频率 156.025~163.275 MHz。因此, 本文主要

针对 160 MHz 的频率进行仿真。同时, 图 9 截取了船 A 与船 B 之间以及船 A 与基站之间通信的仿真场景。图 9 中, 红色线表示了船与船和船与基站之间的自由空间传输损耗路径, 而蓝色线表示的是反射传输损耗的路径。场景左上角是控制条信息, 右下角显示的是当前状态的参数信息。

此时船与船之间距离为 2.79 km, 船与岸之间距离为 17.29 km, 通信频率为 160 MHz。与图 6 中的 MATLAB 仿真结果进行对比, 传输总损耗数值大约在横坐标 0~0.5 km 和 1.5~2 km 之间, 通信频率在 100~200 MHz 之间, 即红色线和蓝色线之间。仿真平台的仿真结果为 95.97 dB 和 108.86 dB, 在理论值的取值范围之内, 且结果与理论值相近, 这说明该仿真平台的可靠性有一定保障。

表 2 仿真参数设置

Tab. 2 Simulation parameters setting

参数设置	数值
船 A 位置/km	5.08, -16.45, 0.01
船 B 位置/km	4.19, -18.97, 0.01
基站 O 位置/m	0, 0, 200
基站天线高度/m	200
船的天线高度/m	10
海情级数	3 级
天气状况	薄雾
通信频率/MHz	160

该海上无线传输虚拟可视化仿真平台利用虚拟场景中的交互功能令使用者沉浸其中, 为仿真工作带来极强的代入感, 同时, 仿真数据会随着场景中元素信息的改变而实时变化, 这两个方面使通信仿真工作兼具人机交互的特色和数据实时的优势。

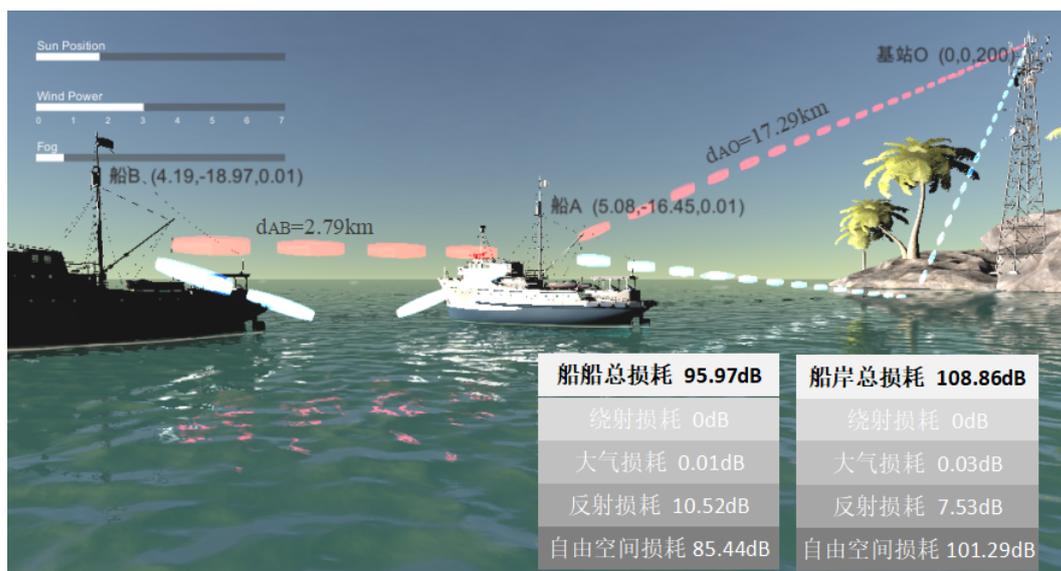


图 9 仿真场景

Fig. 9 Simulation scene

5 结论

本文提出一种适用于海上通信实验室的仿真方法, 该方法基于 Unity 3D 游戏引擎, 将改进的海上无线信道模型与虚拟可视化技术相结合, 实现了人机交互功能以及场景改变时, 仿真数据实时更新的功能。相比于传统的偏向于数学公式和图表的仿真方法, 我们的仿真平台真实感更强, 数据实时

性更高; 而相比实验人员出海进行数据测量, 我们的方法更加节约人力物力资源, 同时实验人员的安全性可以得到保障。

此外, 本文只针对海上无线通信的信道模型中, 部分传输损耗进行仿真, 并对绕射损耗进行了分析。但由于对海洋真实环境中的冰川、焦岩等障碍物的特征了解不足, 因此, 没有对其建立物理模型并对绕射损耗进行仿真, 这将成为以后海上无线

传输虚拟可视化仿真平台的主要研究方向。该仿真平台的设计和实现为将来的海上无线通信仿真工作提供了新思路。

参考文献:

- [1] 王英, 顾健. 海面电波反射特性研究与仿真分析[J]. 电子设计工程, 2016, 24(5): 113-115.
Wang Y, Gu J. Research and simulation analysis of radio reflection characteristic over the ocean[J]. Electronic Design Engineering, 2016, 24(5): 113-115.
- [2] 史经展, 宗鹏. 关于海上通信多径衰落的仿真研究[J]. 计算机仿真, 2015, 32(12): 152-157.
Shi J Z, Zong P. Simulation research on multipath fading of maritime communication[J]. Computer Simulation, 2015, 32(12): 152-157.
- [3] 陈亮, 金永兴, 胡勤友, 等. 海上 VHF 无线通信传输损耗[J]. 中国航海, 2015, 38(3): 1-4.
Chen L, Jin Y X, Hu Q Y, et al. Transmission loss in maritime VHF communication system[J]. Navigation of CHINA, 2015, 38(3): 1-4.
- [4] 刘聪. 海上移动通信系统基带设计与仿真[D]. 海口: 海南大学, 2013.
Liu C. Design and Simulation of Maritime Mobile Communication Baseband System[D]. Haikou: Hainan University, 2013.
- [5] M Park, H Seo, P S Park, et al. LTE maritime coverage solution and ocean propagation loss model[C]. 2017 International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wired and Wireless Networks (PEMWN), Paris, 2017: 1-5.
- [6] 张勇, 孙强, 吕达仁. 几种海水微波复介电常数模型比较和分析[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(2): 212-218.
Zhang Y, Sun Q, Lv D R. Comparison and Analysis of Several models for Microwave Complex Dielectric Constant of Sea Water[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29(2): 212-218.
- [7] Daout F, Khenchaf A, Saillard J. The effect of salinity and temperature on the electromagnetic field scattered by sea water[C]// Oceans. IEEE, 1994, 1: I/110-I/115.
- [8] 杨成伟, 陈为刚, 杨晋生. 基于游戏引擎的电波传播可视化软件开发[J]. 计算机应用与软件, 2013(10): 74-76.
Yang C W, Chen W G, YANG J S. Development of visualised software for radio propagation[J]. Computer Applications and Software Based on Game Engine, 2013(10): 74-76.
- [9] 迟迅. 海上信道模型的虚拟可视化仿真平台构建与实现[D]. 海口: 海南大学, 2015.
Chi X. Building and Implement of Virtual Visual Simulation Platform Based on Maritime Channel Model[D]. Haikou: Hainan University, 2015.
- [34] 王健, 孙建伶, 王新宇, 等. 容错多处理机中一种高效的实时调度算法[J]. 软件学报, 2009, 20(10): 2628-2636.
J Wang, J L Sun, X Y Wang, et al. Efficient Scheduling Algorithm for Hard Real-Time Tasks in Primary-backup Based Multiprocessor Systems[J]. Journal of Software, 2009, 20(10): 2628-2636.
- [35] Brooks D, Martonosi M. Wattch: A framework for Architectural-Level Power Analysis and Optimization [C]. the 27th Annual International Symposium on Computer Architecture, Vancouver, BC, Canada. 2000: 83-94.
- [36] 郑凯. 对数据在异构多核处理器模拟器中进行任务划分的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
Zheng kai. Evaluation of Partitioning Methods for Application on a Heterogeneous Multicore Processor Simulator [D]. Shanghai: Shanghai jiaotong University, 2008.

(上接第 4219 页)