

无人机虚拟视景显示技术研究

孔 燕¹, 赵 军¹, 邹 贵¹, 殷永涛²

(1. 中国航空无线电电子研究所, 上海 200241;

2. 空军装备部驻上海地区军事代表局驻上海地区第二军事代表室, 上海 200241)

[摘 要] 基于无人机模拟飞行的虚拟视景显示技术是三维可视化显示研究的一个重点, 虚拟视景实时同步显示是三维可视化实现中必须解决的一个难题。本文分析了实现无人机模拟飞行三维虚拟视景系统的基本结构、实现过程以及显示方式, 提出了无人机模拟飞行三维虚拟视景可视化空间信息动态同步、多方位、多视角的显示方式及显示的关键技术。

[关键词] 虚拟视景; 三维可视化; 模拟飞行

[中图分类号] TP391.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-141X(2020)03-0018-05

The Research on Unmanned Aerial Vehicle Ground Virtual Scene Display Technology

KONG Yan¹, ZHAO Jun¹, ZOU Gui¹, YIN Yong-Tao²

(1. China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China;

2. The Second Military Representative Office of Shanghai Military Representative bureau, Equipment Department of PLA Air Force, Shanghai 200241, China)

Abstract: Virtual scene display technology based on unmanned aerial vehicle flight simulation is an emphasis of three-dimensional visualization display research, and virtual scene real-time synchronous display is a problem that the implementation of three-dimensional visualization must face. The basic structure of three-dimensional virtual scene system, visualization process and display mode are analyzed; the spatial information dynamic synchronization, multi-azimuth, multi-angle display mode and key technology of three-dimensional virtual scene are presented.

Key words: virtual scene; three-dimensional visualization; flight simulation

虚拟视景技术又称“灵境技术”, 它最早可以追溯到 20 世纪 80 年代。虚拟视景技术综合计算机仿真技术、图形技术、遥感技术和传感器技术等诸多领域技术, 营造了一个逼真的三维虚拟环境, 人们可以通过一系列的工具和环境中的对象进行交互, 从而达到一种身临其境的感觉。虚拟视景的显示终

端作为“人机对话窗口”, 直接影响虚拟视景与人的交互体验^[1]。虚拟视景技术在模拟飞行方面大有用武之地, 一方面可用于恶劣天气情况下的辅助起降, 另一方面可用于开发飞行训练模拟器, 使飞行员进入虚拟视景世界进行训练, 这样模拟训练节能、安全、不受场地与天气影响而且成本较低^[2]。在大

收稿日期: 2020-07-16

引用格式: 孔燕, 赵军, 邹贵, 方元. 无人机虚拟视景显示技术研究[J]. 航空电子技术, 2020, 51(3): 18-22.

范围不规则可视化地形为主体的大型模拟三维可视化系统中,虚拟视景的显示技术受国内外人机交互领域的广泛关注。本文旨在研究无人机虚拟视景可视化的原理和方法、评述虚拟视景显示方式,并总结虚拟视景显示关键技术,为推动虚拟视景显示技术的发展提供有益启示。

1 基本结构

无人机模拟飞行虚拟视景系统基本结构如图1所示,由负责数据通信的视景接口及辅助子系统、生成虚拟视景可视化图像的视景生成子系统、显示虚拟视景画面的视景显示集成子系统组成。通过接口控制管理软件与模拟主机或虚拟主机建立通信,完成数据适配转换后,向虚拟视景生成子系统发送实时控制指令与帧数据。虚拟视景生成子系统使用接收的数据作为绘制驱动,完成对应场景绘制及控制命令响应,包括特效控制、标绘更新、飞机操纵、视角控制命令等。虚拟视景可视化子系统生成绘制图像结果,根据实际应用需要,将输出至单屏或其他方式进行实时展示。虚拟视景显示集成子系统支持虚拟视景可视化多通道的扩展功能,包括多通道虚拟视景可视化同步控制、多通道虚拟视景可视化管理监控、多通道虚拟视景可视化显示集成设计、多通道图形校正融合等。

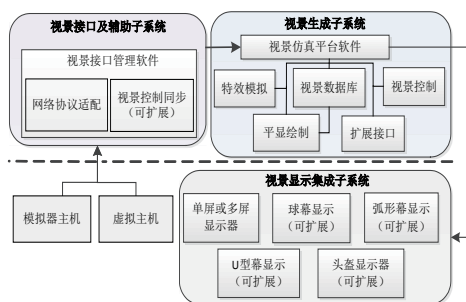


图1 无人机虚拟视景系统基本结构图

2 实现过程

无人机模拟飞行虚拟视景系统实现过程主要包括虚拟视景可视化接口及辅助子系统连接及适配、虚拟视景可视化数据库生成、虚拟视景可视化画面显示的实现,如图2所示。接口及辅助子模块是整个无人机模拟飞行虚拟视景三维可视化系统的核心节点,通过以太网从模拟机主机接收无人机飞行状

态的帧数据并进行解析,将解析后的数据通过接口层发送到虚拟视景仿真平台软件。接口及辅助子系统同时负责数据接口管理,在扩展实现多通道三维可视化显示时,还将包含同步控制模块。接口及辅助子系统通过以太网从模拟机主机接收视景控制数据、特效渲染生成数据、平显绘制数据,解析后发送到虚拟视景仿真平台软件制定成标准接口数据格式,通过以太网发送给视景显示模块显示出来。

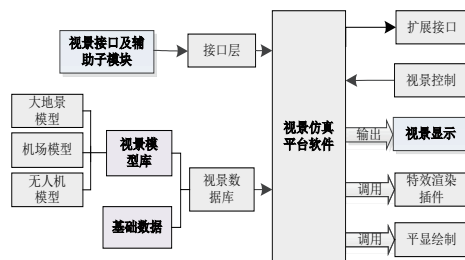


图2 无人机虚拟视景系统实现过程图

3 显示方式

在虚拟视景应用系统中,通常有多种显示系统或设备:大屏幕监视器、头盔显示器、立体显示器和虚拟三维投影系统,其中虚拟三维投影是最典型、最实用、最高级别的投入型虚拟视景显示系统^[3]。

多自由度实时交互是虚拟视景技术最本质的特征和精髓^[4]。在无人机模拟飞行中,虚拟视景应用的特殊外设,它们主要是六自由度虚拟交互系统。一个大型的虚拟视景系统包括很多组成部分,如多台投影机、音响系统、多路视频输入与切换,甚至辅助灯光和窗帘^[5]。

无人机模拟飞行的组成部分视需求及协同复杂度作简化或细分,目前大多直接使用头盔显示器加一些真实操作设备来操作虚拟视景中的对象。利用三维图像实时生成技术、飞机动力学仿真物理系统、大视场显示技术、六自由度运动平台、其他硬件系统、飞行控制系统等,让操作者在一个虚拟飞行环境中感受到接近真实效果的视觉、听觉和体感的无人机模拟飞行体验。本文主要介绍无人机模拟飞行常用的显示方式。

3.1 显示器显示

显示器显示是用电视机或计算机显示器直接显示视景图像的方式。这种方式的优点是整个系统简单、体积小、重量轻、安装方便、灵活、造价低。缺点是分辨率、视场角等指标受显示器限制另外,

图像纵深感不足,对眼点的位置要求严格,模拟效果较差。在规模较小或对重量、安装尺寸等条件要求比较苛刻的飞行仿真装置中应用这种方式较多。

将无人机模拟飞行的三维场景和画面实时显示在虚拟视景单屏幕显示器中,或者通过屏幕拼接多屏拼接显示出来,可与数据手套等交互设备进行人机交互,可为单兵训练人员提供逼真的视觉感受和沉浸式体验,如图3所示。简易型单屏显示方式水平、垂直视角较小,平面无变形,第三视角展示性更强,成本最低。



图3 单屏显示示意图

多屏显示器拼接显示如图4所示,6块55英寸的液晶显示器,悬挂在墙面上,以 2×3 形式排列组成。多屏显示器模拟飞行一般由驾驶舱、无人机模拟飞行系统、飞行操纵设备和显示仪表、飞行仿真激励系统组成,不仅可以实现传统模拟飞机基本的飞行操纵、进行起降和空中飞行的体验,而且通过配备智能设备(如头部跟踪器、增强显示设备等)使模拟飞行智能化,虚拟视景显示效果更佳,飞行体验更完美。多屏显示器拼接显示方式水平、垂直视角较大,平面无变形,整体视角展示性更强,成本适中。

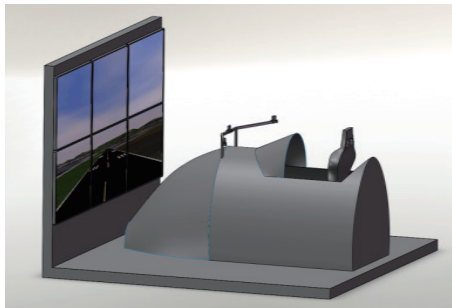


图4 多屏拼接显示示意图

3.2 投影显示

在要求宽视角,特别是对垂直视场要求比较大的视景系统中经常采用投影式显示。一般根据需求,采用多通道投影拼接实现。多通道球带幕三维可视

化系统是指多台投影机组合而成的多通道大屏幕显示系统,它比普通的标准投影系统具备更大的显示尺寸、更宽的视野、更多的显示内容、更高的显示分辨率,以及更具冲击力和沉浸感的视觉效果。

无人机虚拟视景三维可视化显示集成子系统采用多通道显示时,均可使用三维可视化系统配套的多通道校正融合软件。大多数情况下,需多通道校正融合软件对三维生成子系统产生的光栅化图像进行进一步处理,进行多通道的边缘融合及色彩校正,并将处理后的光栅化图像输出至三维可视化显示设备。如图5所示,对三维生成子系统产生的光栅化图像进行多通道的边缘融合及色彩校正,使其能够均匀无缝地在三维可视化显示设备显示,也可提供对生成的三维可视化图像进行亮度、对比度、色调、饱和度等图像参数的调节功能发展。

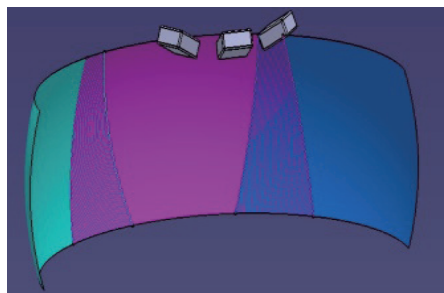


图5 多通道三维可视化显示子系统光路效果示意图

多通道三维可视化系统可扩展进行多种显示效果显示,幕表面采用特制的高增益反射漆,显示效果出众,并且维护方便。不同形状和不同投影机安装点将构成各种形状的多通道显示,但不同型的显示成本不同,实现的效果也不尽相同。

如图6(a)所示,球型幕180-220度的水平视角,90度垂直视角。第一视角真实,成本较高。

如图6(b)所示,弧形幕90-360度任意水平视角,30-45度垂直视角。方案成熟,成本较低。

如图6(c)所示,U型幕超过260度的超大水平视角,成本适中。



(a)

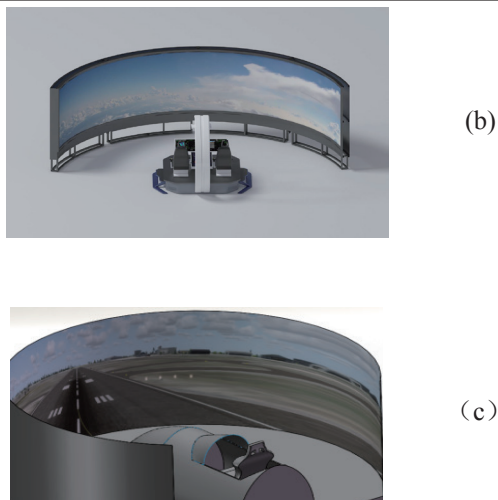


图6 多通道三维可视化系统

3.3 头盔显示

头盔显示器是虚拟视景系统中普遍采用的一种立体显示方式,并用机械的方法固定,头与头盔之间不能有相对运动,在头盔显示器上配有空间位置跟踪设备,能实时监测出头部的位臵,虚拟视景系统能在头盔显示器上显示出反映当前位臵的场景图像,它通常有两个背光液晶显示器或阴极射线管显示器分别向两个眼睛提供图像,这两个图像由计算机分别驱动,图像间存在着细微差别,通过大脑将两个图像融合以获得深度感知,得到一个立体图像^[6]。头盔显示器虽然可将外界隔离但只是种单用户沉浸的显示方式,并不适用于多用户协同工作方式。在无人机模拟飞行中,适用头盔显示和其他适合多人协同的显示结合,能够单用户沉浸也方便多人协同。

头盔显示器的最大优点是体积小、重量轻,很容易在各种狭小空间内使用。由于显示的视景图像可以跟随头部及眼球的运动进行同步更新,理论上不存在观察视野的限制,可以获得较好的模拟效果。但是在当前技术水平下,由于计算机计算能力、显示器件图像刷新率以及头盔制造工艺等条件限制,在佩戴舒适性等人机工效学指标上还存在一定差距,尤其当长时间使用时会出现头晕、恶心等不适症状。

4 关键技术

4.1 多通道同步控制

视景系统可扩展进行多通道的视景显示。对于多通道的视景系统,不同通道间的同步问题是影响视景显示效果的重要因素。针对视景图像同步而言,

主要分为帧绘制同步和网络数据同步。虚拟视景系统中,帧绘制同步使用三维引擎提供的系统同步控制方式,控制三通道视景画面的显示刷新,实现“硬同步”。同时,又通过使用一个分辨率为亚毫秒层级的外部高精度定时器,实现不同通道间的帧绘制同步和网络数据同步。

由于系统时钟间隔处于一个可变范围,因此时钟中断信号产生的周期也就无法达到毫秒层级的精确度。通过算法实现高性能计数器的变化与物理时间流逝同步,给外部提供高精度时钟变化的接口,以确定的高精度时钟频率去同步多台客户端进行数据收发和图像绘制。此外,借鉴流量控制的思想,协调数据收发双方的收发频率,避免数据的丢失,在实现数据同步的同时保证数据的正确性。

时间同步服务器以高精度时钟定时器为基础,以固定频率向图形生成模块发送数据同步信号和图形绘制同步信号,当所有的图形生成模块接收到相同的同步信号时,才会读取网络传来的数据,当所有的图形生成模块收到相同的图像绘制同步信号时,才一起更新下一帧的图像^[5],以此保证在同一时刻图形生成模块绘制同一个数据。

5.2 反走样、抗混叠技术

延迟着色与传统的前向着色不同,在渲染对象的几何计算阶段不进行光照计算和其他的特效处理,而在视图模型变换、投影变换、视锥体裁减等步骤后,将最终显示在屏幕上的像素所在点的位置、颜色、法线信息等保存在缓冲区,最后只对这些未被遮挡和裁减的区域进行光照计算及一些特效处理。因此,延迟着色能够大大减少绘制的计算量,并能够有效地支持多光源模型。采用延迟着色的方式,在三维视景的后期处理阶段,在二维图像的级别上进行视景显示画面反走样(抗锯齿)和抗混叠的处理,从而能够在维持视景系统帧率稳定的基础上,极大地提高视景画面的真实性、平滑性和观察舒适性。

5.3 自然现象模拟

全景虚拟场景生成中,气象和环境变化的实时绘制逼真效果在很大程度上影响着用户对实用系统环境真实感的评价。全景虚拟场景生成需要实时绘制的逼真典型气象和环境变化,主要包括:四季场景变化、日出、正午、黄昏、晴、阴、雾、扬沙、浮尘、雷雨、风雪、积冰、夜晚、低云、自然灾害(地

震、暴风雪)等等。气象变化现象在视景模拟中都非规则图景,而且其形状和位置随机变化,不适合采用传统的基于三角形网格的模型进行描述。

在渲染子系统的功能层建立一个通用的基于图形处理器的粒子系统框架,处理器只需负责粒子的初始属性设置,而粒子运动方式的控制和绘制全部由图形处理器完成^[6]。虽然牺牲了一定的灵活性,但避免了粒子数据每帧从处理器到图形处理器的传输,大大提高了整个粒子系统的效率。

在全景虚拟场景生成中,并不是所有的现象都可以由粒子系统模拟。例如,对于火焰这种形状具有高度不规则性现象的模拟就不适合使粒子系统,而如果使用基于图像或者视频的方式来模拟火焰,又不能保证火焰的随机性。在火焰的模拟和绘制方面,采用噪音函数对一个基本的火焰形状进行扰动,在模拟的真实性和绘制的实时性之间取得了一个很好的折中效果。

5.4 大规模多分辨率场景管理与调度技术

针对飞行虚拟环境复杂多变的场景高程数据和海量高精度的影像数据,采用规则三角形网的几何节点为基本单位。几何节点根据分层思想划分为多个分辨率层次并由四叉树进行管理。针对几何节点预存及调度,利用无核技术,根据虚拟场景数据的相关性以构建一个地形块索引队列的方式,通过视锥体的裁减、视点移动方向的预判以及地形块在内存中的生命期等因素,完成几何节点在内存中的调度与释放,从而减小调度频率,提高预取效率,从而提升视景系统的渲染效率。

6 结论

本文针对三维可视化显示技术研究了系统的基本结构、实现过程、常用显示方式以及各种可扩展显示方式及显示关键技术,并分析了各显示方式的优缺点,为今后虚拟视景、虚拟现实、增强现实、虚拟三维可视化以及增强三维可视化等方面的研究工作提供了有益借鉴。

参考文献

- [1] 栗华. 虚拟技术在模拟飞行训练中的应用[J]. 现代电子技术, 2013, (8): 42-44.
- [2] 梁鹏帅. 三维可视化的研究现状和前景[J]. 科技情报开发与经济, 2012, (7): 134-135.
- [3] 朱跃龙. GIS 三维可视化系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2013, 29(10): 142-146.
- [4] Song Lei. Research on ship virtual reality model transformation method based on OSG[J]. IEEE, 2012, 25(27): 50-56.
- [5] 于海风. 虚拟现实技术在视景仿真系统中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2011, (6): 1108-1110.
- [6] 曲东才. 头盔显示器及其关键技术[J]. 火力与指挥控制, 2011, (s1): 1-3.