

基于 iOS 的航空维修 3D 数据技术

3D Model Data Perform Maintenance Based on iOS Technology Solution

金航数码科技有限责任公司 富 强 侯安生



富 强

金航数码科技有限责任公司副总经理,研究员。1990年毕业于西北工业大学计算机软件专业,硕士学位。现任中航工业信息化专家组成员,长期从事航空信息化建设与应用模式研究,在多业务应用集成、云服务实施模式、经营管控信息化、综合保障信息化领域有深入的研究和丰富的实践经验。主持“支持航空产品全寿命信息管理的 CITIS 技术研究项目”获得中航工业科技进步二等奖;作为“某型机综合保障信息系统”项目总负责人,荣获中航工业授予的某型机首飞个人三等功。作为中航工业信息系统集成技术领域专家,结合中航工业发展战略和信息化应用需求,致力于航空信息化应用模式、装备售后服务和通航运营模式、数字化大修与虚拟维修、中航工业直属单位信息化推进工作模式的研究与工程应用等工作。

智能手持终端中 3D 数据在维修过程中应用是新型航空装备维修保障体系建设的一种有力的辅助手段,是发展的必然趋势和基本要求,也是现行维修保障体系的有益补充。其应用的范围和前景非常广阔,但技术开发是一个长期不断完善的过程。应该按照实际需求,实事求是地开展工作。

iOS 是由苹果公司为 iPhone/iPAD 开发的操作系统。相对于大量的纸质资料及笨重的笔记本电脑,基于 iOS 平台上运行的应用系统使不到 700g 重量的 iPad 大大增加了资料数据的便携性、实用性,可以更加方便地进行资料查询。同时,系统数据集成于 iOS 应用系统程序中,能够有效地避免数据被随意更改,增强了数据的安全性。

这项新的数据技术给航空业带来的还不仅于此。据《华尔街日报》报道,美国空军空中机动司令部(AMC)电子飞行包项目负责人 Brian Moritz 少校在接受采访时表示,使用 iPad 代替笨重的纸质飞行手册每年将能节省大约 75 万美元的燃油费。

另外,AMC 无需再印制纸质飞行手册,这将为 AMC 每年省下 500 万美元。也就是说未来 10 年内将能省下 5700 多万。

基于此,美军空中机动司令部计划提出一项采购申请,计划购买 63~18000 台“iPad2 或者同类型设备”来减轻飞行机组的载重负荷。该司令部的发言人凯瑟琳·费雷罗上尉(Captain Kathleen Ferrero)指出,这一采购的目的是为了大幅度减轻飞行员和领航员的负担,因为目前他们都必须携带一套重达 40 磅(约合 18.13kg)的飞行背包,其中包括了操作手册、导航图等相关资料。“民用航空业在此领域已经远远走在了我们的前面。”她指出,“已经有相当一部分主流民用航空公司已经开始

改用平板电脑了。”

智能手持终端设备的大量应用,对飞机装备的维修应用产生了积极深远的影响。随着移动互联网的迅速发展,这些智能手持终端已成为人们工作生活不可分割的一部分。如何有效地将智能手持终端应用于航空装备的维修装配过程,已成为航空工业发展的新潮流。

维修用 3D 数据的传递与管理

维修装配是航空产品生命周期的重要环节,在装备整个服役过程中占用了超过 80% 以上的费用。三维 CAD/CAM 软件因其本身强大的功能及传统二维设计无法比拟的优越性,被越来越多的企业应用。但是,三维模型数据操作复杂繁琐、安装不便,不能直接应用于现有软件系统当中,需要借助单独三维软件才能展现。同时,三维软件大多是应用于设计等工程部门,其他需要工程数据的部门通常无法有效得到和重用 3D 产品工程信息。在现实情况下,交流文档往往都是非工程部门创建,这就需要有一个能够重用产品数据、能够保存他们创建的内容与元数据同步的软件工具^[1]。

设计模型是一种精确的边界描述(B-rep)模型,含有大量的几何信息,在现有的计算机软硬件条件下,使用设计模型直接建立大型复杂系统装配、维修仿真模型是不可能的,因此需要使用轻量化的模型建立仿真模型,以达到对仿真模型的快速交互、渲染。图 1 所示为 3D 数据传递过程示意图。

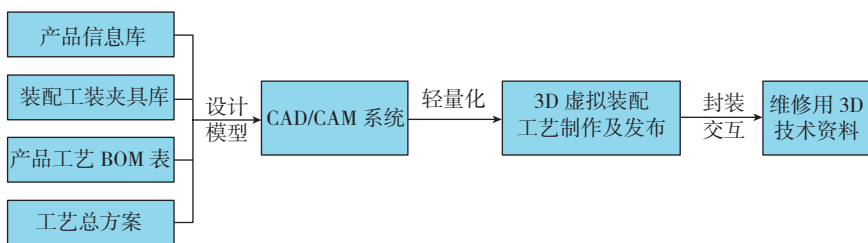


图 1 3D 数据传递过程

1 轻量化过程

虚拟装配过程中,以虚拟仿真平台为基础,导入轻量化的装配工艺模型,采用人机交互的方式,结合工艺人员的经验知识,完成装配序列规划、装配路径规划、装配干涉检测、装配过程仿真、装配序列评估,生成合理的装配序列。工艺制作及发布过程中,通过集成前期生成的仿真文件并利用 PDF、PowerPoint、Word、HTML 等技术,形成交互、可视化的装配仿真动画。数据封装过程中,利用编程技术,将发布出的 3D 模型与现有制作工艺技术相结合,最终以技术资料的形式随装备交付用户。维修技术资料中 3D 的电子数据是现代维修企业使用最为广泛的数据形式。

2 轻量化技术

目前轻量化的技术有多种,工程应用具有代表性的是 JT 和 3DXML 这 2 种。3DXML 是 Dassault、微软等提出的轻量化技术, JT 是 JT 开放组织(主要是 SIEMENS 公司)提出的轻量化技术。JT 技术用小平面表示几何模型,采用层次细节技术(Level of Details, LOD),具有较高的压缩比,模型显示速度很快^[2]。

LOD 技术是当前可视化仿真领域中处理图形显示实时性方面十分流行的技术之一。LOD 模型就是在不影响画面视觉效果的前提下,对同一物体建立几个不同逼近精度的几何模型。根据物体与视点的距离来选择显示不同细节层次的模型,从而加快系统图形处理和渲染的速度。保证在视点靠近物体时对物体进行

精细绘制,在远离物体时对物体进行粗略绘制,在总量上控制多边形的数量,不会出现由于显示的物体增多而使处理多边形的数量过度增加的情况,把多边形个数控制在系统的处理能力之内,这样就可以保证在不降低用户观察效果的情况下,大大减少渲染负载。

3 3D 数据格式

目前工程应用的 3D 数据格式很多, JT 格式是其中突出的代表。桌面台式机使用的各种主流建模工具软件都提供各种格式之间的相互转化。互联网上由于网络传输要求,大多使用文件体积较小的网络虚拟现实技术文件格式 .wrl。手持智能终端对网络依赖大,对软件的性能、运行效率要求高,大多使用 .obj 文件和 .wrl 文件^[3]。

(1) .obj 文件。

.obj 文件是 Alias Wavefront 公司为它的一套基于工作站的 3D 建模和动画软件 "Advanced Visualizer" 而开发的一种标准 3D 模型的文件格式。

(2) .wrl 文件。

.wrl 文件最早应用于互联网网络的虚拟现实技术 VRML (Virtual Reality Modeling Language),是一种面向对象的网上三维语言,用来描述交互式 3D 对象的文件格式,利用它可以在互联网上创建交互式三维虚拟世界和动态的三维虚拟物体,其基本特征包括交互式、分布式、平台无关性、三维、多媒体集成、逼真性等。VRML 对三维世界具有真实表现的强大能力,已成为国际标准。它通过创建一个虚拟的场景以达到现实中的效果。它定义了三维应用系统中常用的语言描述,如层次变换、光源、视点、稽核、动画、雾、材料特性和纹理映射等,并具有简单的行为特征描述功能。

VRML 类似于 HTML,它趋向于发展成为一种单一的多平台用于发

布三维网页的语言,解决了基于页、文字或图像格式的语言(HTML)所不能表达的一些问题,提供了将二维、三维文字和多媒体集成为一个混合模型的技术。它在网上创建逼真的三维虚拟场景,把“虚拟世界”看作一个“场景”,而场景中的一切都被看作是“对象”,这样对每一个“对象”的描述就构成了.wrl文件。

(3).JT文件。

JT格式是一种面向行业的、高性能、轻量化、灵活的文件格式,用于捕获和表达“3D产品定义”数据,促进在整个扩展企业中的协作、验证和可视化。JT格式同时也适于流处理,包含了业界最佳的压缩方法,是紧凑高效的表示方法。JT格式的设计,能方便地与企业级转换解决方案集成,建立了3D数字化资产的单一表示,能支持全面完整的上下游过程:从轻量化、基于WEB的查看,到全产品数字样机。JT格式已经广泛地应用在汽车和航空航天行业,也同样适用于其他所有制造行业的应用。JT数据非常适用于可视化应用程序。JT Open Toolkit提供了API访问JT信息,允许可视化应用程序配置和渲染数据,进行二次开发;其数据管理允许应用程序深入使用JT数据文件。

当JT格式数据被读入内存和写入磁盘时,JT格式读写程序必须保证对象引用的完整性。JT文件结构按照“块/段”的序列进行组织,每个数据段按规则记录逻辑场景,场景中模型的物理组件形状节点,模型组件的关系,组件物体对象类型,物体图形的几何形状、属性、以及在特定的详细层次或可选表示情况下,定义了几何形状定义数据(例如:节点、多边形、法向量等)。同时JT文件格式使用业界最佳的压缩和编码算法,支持多种压缩算法,从标准数据类型压缩算法、到根据数据类型特点的压缩方法。

iOS中3D数据展示

不同于桌面各种台式机操作系统,目前所有的智能手持终端3D图形渲染都采用了OpenGL ES图形绘制基础库。OpenGL专门为智能手持终端剪裁了OpenGL基础库,形成OpenGL ES。

OpenGL(Open Graphics Library)是个定义了一个跨编程语言、跨平台的编程接口的规格,它用于三维图像(二维亦可)。OpenGL是个专业的图形程序接口,是一个功能强大,调用方便的底层图形库。

1 iOS绘图与OpenGL渲染

iOS上图形绘制基于视图类,每个屏幕元素都是视图或其子类。视图按树形结构组织起来,树根是整个窗口。视图负责界面的交互和显示,其中显示部分由封装后视图的层(CALayer)来完成。每个视图包含一个CALayer实例。视图本身是不可见的,我们能看到的都是CALayer,视图只是负责对CALayer进行管理。视图的显示设置都是对CALayer属性的封装,通过设置CALayer的transform属性,可以使CALayer产生3D空间内的平移、缩放、旋转等变化,如图2所示。3D图形的渲染是



图2 iOS图层上的旋转

通过在CALayer利用OpenGL ES基础库函数进行绘制实现的^[2]。

OpenGL的渲染过程可形象地比喻为一条生产线,其中,原始数据(例如描述三维世界的顶点坐标数据)输入至该装配线中,并最终生成封装完好的颜色栅格数据。

如图3所示为顶点数据至像素的转变过程。首先,顶点数据将执行一系列的转换操作。随后,顶点数据被装配为图元。最终,图元经光栅化操作后生成像素^[4]。

渲染管线亦称之为渲染流水线,一般是由显示芯片(GPU)内部处理图形信号的并行处理单元组成。这些并行处理单元两两之间相互独立,从另一个角度看,OpenGL ES中的渲染管线实质上指的是一系列绘制过程。这些过程输入的是待渲染3D物体的相关描述信息数据,经过渲染管线,输出的是一帧想要的图像。

最终图元装备阶段主要有2个任务,一个是图元组装,另一个是图元处理。图元组装是指顶点数据根据设置的绘制方式被结合成完整的图元。图元处理包括光栅化、管线渲染、着色等。

2 交互过程中关键技术

3D数据可视化过程中交互的关键技术很多,这里仅列出几种最为基础且广泛应用于工程实践中的交互技术。同时由于iOS有别于桌面系统,性能和效率要求很高,许多成熟技术的应用受限,需再次开发。

(1)数学模型定义。

数学模型定义的选择对iOS应用系统的性能影响很大。例如球体渲染计算处理大量顶点数据时,数据

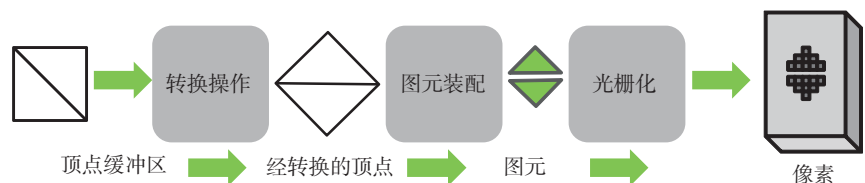


图3 OpenGL渲染管线

模型如果选择球体方程:

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2, \quad (1)$$

其中, r 为半径, x, y, z 为球面上点 P 坐标(球心位于原点)。

计算球面上顶点的坐标非常棘手,而选用另一模型则简化很多:

$$\begin{cases} x = r \sin \alpha \cos \beta \\ y = r \sin \alpha \sin \beta \\ z = r \cos \alpha \end{cases}, \quad (2)$$

其中, α 为纬度值, β 为经度值, $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2, 0 \leq \beta \leq 2\pi$ 。

这样将纬度值 α 和经度值 β 分割,经度线和纬度线相交形成的点按一定顺序组成三角形的顶点,就可以快速渲染球体^[5]。

(2) 插值与逼近。

由 3D 模型自动生成拆装过程的模拟动画是 3D 交互的基本特征。动画的显示是将多幅图像按照一定的频率顺序显示在屏幕上。每幅图像称为帧, 3D 模型中只存储各场景的关键帧。计算求出关键帧之间的帧图像(称为过渡帧)即两帧之间的插值视为系统优劣的关键技术之一。一般情况下,基于混合权值插值结果可按线性插值、二次内插值、二次内外插值等计算^[6]。

依据给定空间的若干关键顶点(一组有序的型值点列),根据应用的要求得到一条尽可能接近的光滑曲线或曲面,通常采用 2 种不同的方法,即插值方法和逼近方法。逼近的关键是在给定的顶点之间进行插值计算。曲线插值方法有多项式插值、分段多项式插值、样条函数插值等。有代表性的逼近方法包括 Bezier 方法、 B 样条方法等。

(3) 3D 拾取技术。

iOS 中用手指选择物体,并对所选取的物体进行移动、修改、删除等操作,是一个最常用的用户与图形之间的交互操作。用手指选择物体的关键是要确定场景中哪些物体在手指位置之下,在场景中用手指选择物体的过程称为拾取。在 OpenGL 的

三维应用程序,由于绘制在场景中的几何对象都经过了在空间中的多次旋转、平移和投影变换等,由计算所拾取的对象比较复杂。这里涉及到 3D 空间中物体对象的碰撞检测技术,直线与物体相交检测技术,视口变换中屏幕上坐标和视口坐标的转换关系等^[7]。

应用前景

3D 数据可视化技术是随着 IT 技术的发展逐步发展起来,尤其是在系统仿真需求的推动下,加速了这项技术的发展。由于航空装备的复杂和昂贵,维修过程仿真的重要性日益突出,利用装备设计过程中的 3D 模型,并可以根据实时的数据驱动来进行状态显示,在装备保障与仿真方面有很大的用途。

为满足航空维修 3D 数据仿真的需求,在维修电子技术资料中加入成熟的可视化仿真引擎,在以往的数据显示与浏览的基础上,以三维模型的形式进行各种信息的表现,实现了模型的加载、显示与控制,包括机械设备原理介绍、装配流程设计、故障演示等功能,使用户可以在运行平台、网页浏览等情况下进行模型的浏览与分析,根据模型信息及相关的注释,可以大大提高工作效率,使航空装备维修保障与信息获取变得更加简单。

3D 数据可视化技术在航空装备保障、系统仿真方面的应用有很大的空间,比如针对装备性能分析的过程演示、基于维修、装配过程的指导演示、针对故障分析模拟的仿真系统,可以大大提高工作效率,降低各项成本,在武器装备的测试、仿真与教学中,如果采用真实的装备会付出很高的代价,因为有些部件是无法重复使用的,而且灵活性也不够好(见图 4),基于可视化技术可以将这些过程转移到显示系统中,不必采用真实的设备,可以进行反复地、灵活地观看

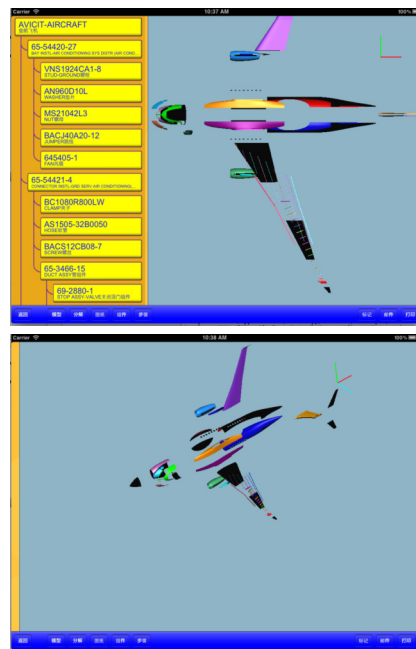


图4 iPad 3D数据展示系统截图

与仿真。

结束语

智能手持终端中 3D 数据在维修过程中应用是新型航空装备维修保障体系建设的一种有力的辅助手段,是发展的必然趋势和基本要求,也是现行维修保障体系的有益补充。其应用的范围和前景非常广阔,但技术开发是一个长期不断完善的过程。应该按照实际需求,实事求是地开展工作。

参考文献

- [1] Kinnison H A. 航空维修管理. 北京: 航空工业出版社, 2007.
- [2] Morteson M. Geometric Modeling. New York, Wiley, 1985.
- [3] Rideout P. iPhone 三维程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [4] 吴亚峰. Android 3D 开发技术宝典, (OpenGL ES2.0), 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [5] Wright R S, Jr. Haemel N. OpenGL 超级宝典, 第 5 版. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [6] 王辉清, 李静蓉. CAD 应用程序开发详解, 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [7] 孙家广. 计算机图形学(第 3 版), 北京: 清华大学出版社, 1998. (责编 小城)