

可视化飞行航路及偏离监视方法研究

刘涛

(安徽华明航空电子系统有限公司上海分公司 上海 201114)

摘要: 随着我国通航事业和未来城市空中交通的发展, 有更多的小型电动飞机用于城市内部、相邻城市之间运行。本文结合增强现实技术, 针对可视化飞行航路指示技术及偏离监视方法进行研究, 提出通航飞机可视化飞行航路的增强现实技术架构、空中交通网络模型搭建、可视化航路渲染方法、基于飞行航路运行的监视、飞行航路监视规则。本文的研究内容能在一定程度上解决传统的飞行航迹不直观、影响飞行安全等情况, 也可应用于未来通航领域更加复杂的空中航路管制中。

关键词: 城市空中交通; 增强现实; 航路指示; 偏离监视

0 引言

在飞机的起飞和降落阶段, 飞行器可以使用增强视景系统 (EVS) 和合成视景系统 (SVS), 增强飞行员对周围环境的意识。在气象能见度不高的情况下, 便于飞行员对跑道、航路、障碍物等元素的识别, 有效促进飞行安全和效率。

在巡航阶段, 为确保飞行航路正确, 飞行员按照飞行计划呈现在飞行仪表上的既定航路进行飞行。因为飞行仪表上的飞行航路, 具有一定的缩放比例, 所以没有太直观的指示效果。飞机飞离既定航路时, 飞机上的仪表系统也并不会及时地提醒飞行员, 故导致一定的偏离航线情况。偏离航线会带来潜在的巨大风险, 如果飞到别的飞机所在的飞行高度层和航线上, 又没有及时发现, 则会出现撞机事件的可能性, 这种情况在飞机空难史上出现过多次。

通过增强现实技术即增强视景系统, 可以把飞机的飞行航路显示在飞机前视场景中, 为飞行员提供飞行轨迹、飞行轨迹包线、包线超限告警等功能, 增强现实技术应用在通航领域可以有效地增加飞行的安全性。同时可视化的飞行航路, 便于搭建空中交通网络, 增强航路的管制特性。所以, 需要一种结合了增强现实技术的飞行航路指示及偏离监视方法。

1 设计思路

飞行航路可视化, 即把飞行航路

通过视景增强的方法, 叠加到飞行员的前视场景中, 和现实场景有效融合。把飞行计划和飞行航路在前视场景的基础上对数据进行渲染, 通过视景增强的方式和设备投影得到可视化航路。Marker 是一个用于在前视场景中添加点标记的类。Polyline 用于在前视场景中绘制折线, 它包含一组折线, 并根据折线之间的关系, 把它们叠加在场景上。因此, 可以使用 Marker 来标记飞机前方障碍物, 用 Polyline 来绘制航路区间线, 并在场景中实现飞机的航向角的展示, 最后使用 AddOverlay 方法向场景中叠加渲染图层。具体方案如图 1 所示。

航路可视化流程如图 2 所示。首先选择既定飞行计划的航线, 利用增强现实系统中现有的图形资源, 实现飞机航路的三维渲染和标注的加载。根据飞机位置和航路的飞行间隔要求, 绘制三维航路边界线。根据飞机实时位置, 实时更新前视场景中的标注信息及航路周围环境。

系统构建可视化三维场景的过程中, 除了正常的

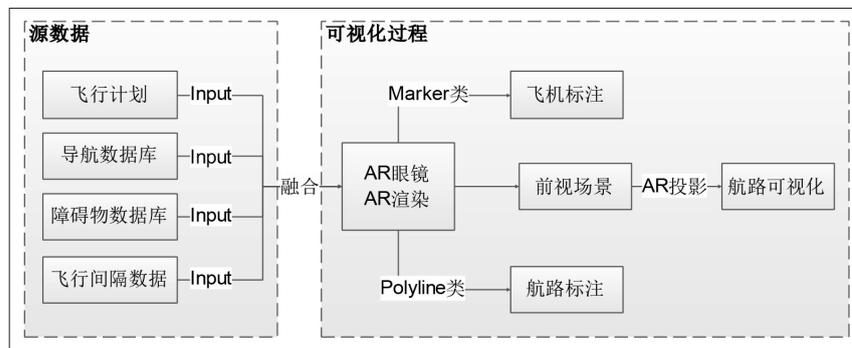


图 1 总体实施方案图

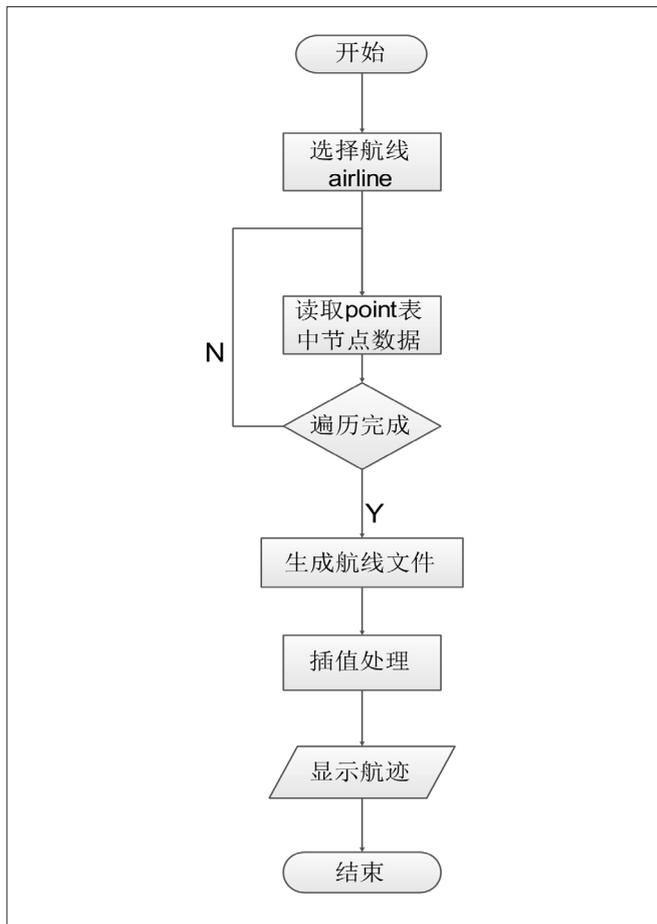


图2 航路可视化流程

三维建模仿真以外，需要梳理和构建场景元素的逻辑关系，搭建数据库元素虚拟结构网络，提取各元素父节点与子节点之间的关系，如图3所示。一方面，体现出真实物理场景的情况，用于飞机运行的客观约束条件；另一方面，有利于三维场景渲染的时候遍历所有节点。例如数据库中的机场实体节点，需要包含机场的 airportID、机场名称、机场标高、机场磁差、机场经纬度等信息。在飞机运行层面，这些信息会作为飞行程序的信息，用于引导飞机的运行。在三维场景层面，这些信息会附在机场的三维模型中，让其保持真实物理场景的属性信息。

系统体系架构如图4所示，通过结合增强现实技术把飞机前视航路数字信息化。增强现实场景通过 AR 设备进行实现，AR 设备通过与航电系统交联，数据交互、状态共享，实时绘制相应的场景。AR 设备对飞行航路数据库进行处理，并经过渲染处理，把航迹呈现在飞行员的眼前^[1]。将飞行员的识别信息、航路超限事件传输到空管指挥中心，实现可视化指挥调度^[2]。

2 搭建空中交通网络模型

首先，确定构建系统所需的数据，包括飞行计划、导航数据库、障碍物数据库、实时飞行数据、交通态势感知数据、飞行间隔数据。根据数据内容，构

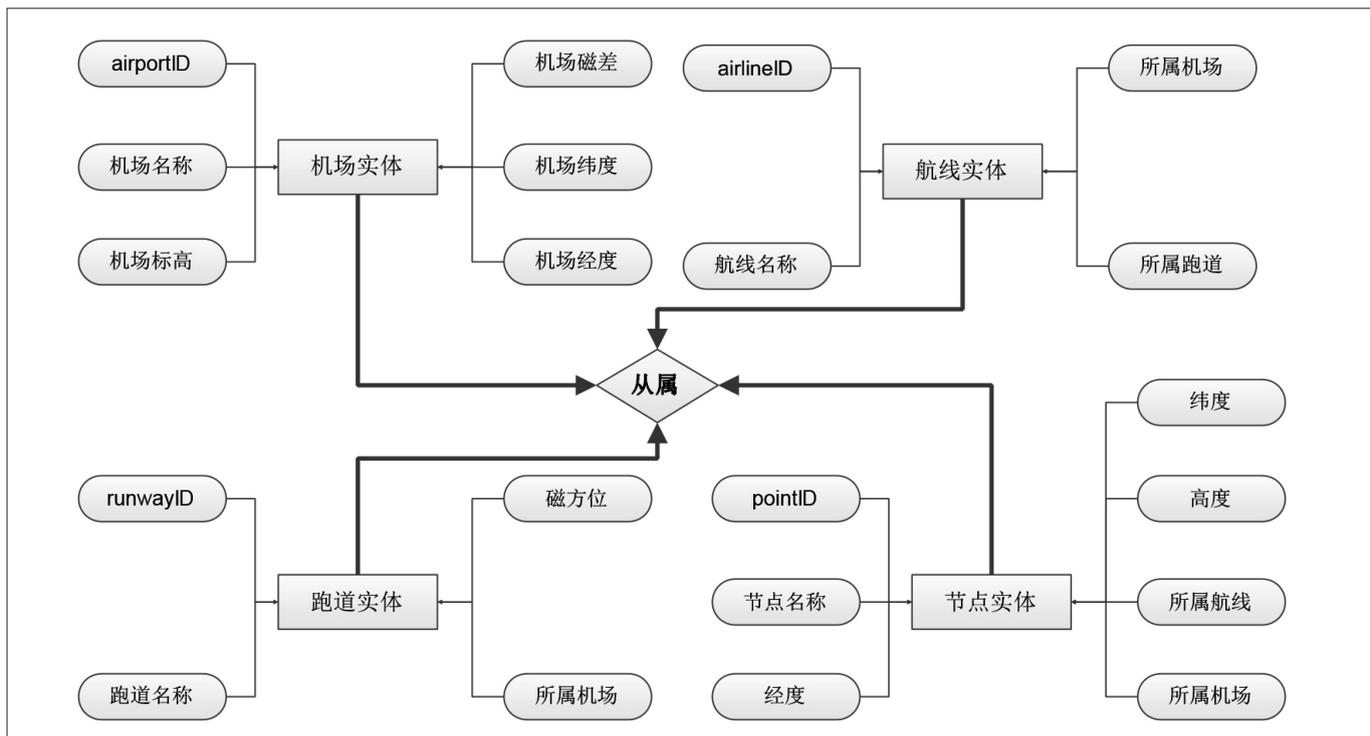


图3 数据库模型

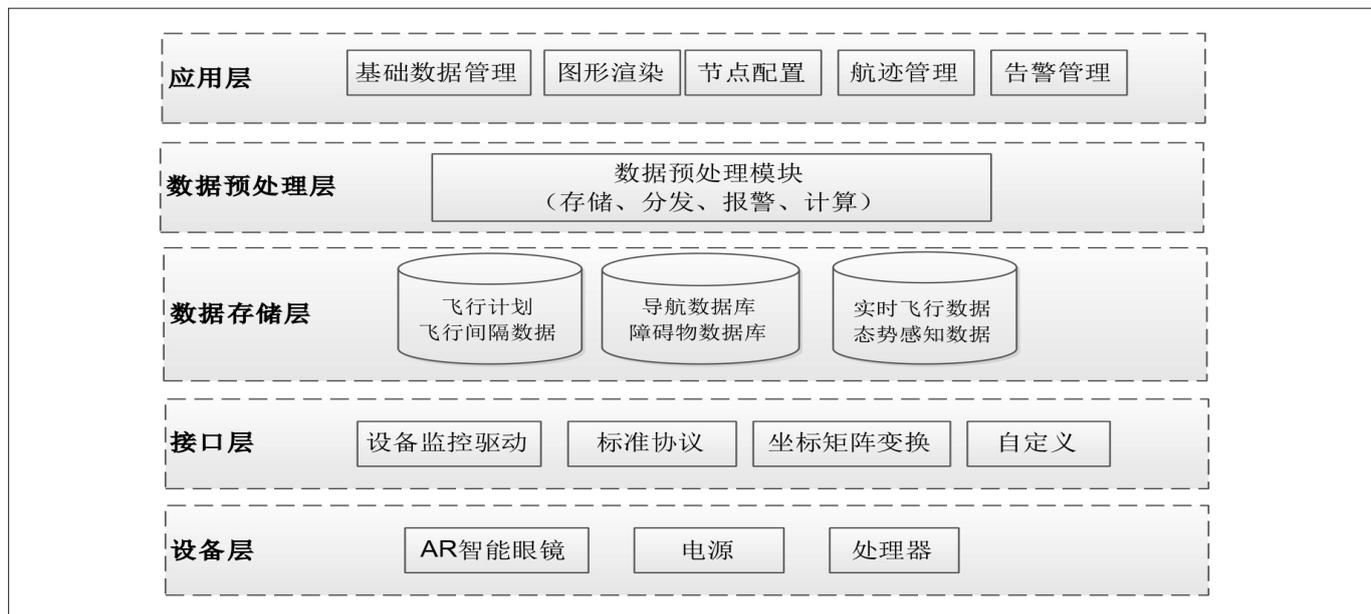


图4 系统体系架构图

建飞机前视范围的可视化航路，航路范围由飞行区域、航路上下左右区间组成，飞机运行在此范围内。在既定飞行航路中，增加障碍物告警指示，此模块用于航路运行的监视。

其次，完成对飞行器运动模型的搭建，根据飞行计划中的不同飞行阶段，大致可以分为四个飞行器飞行运动模型：爬升下降、加速减速、偏航和等待模型。

2.1 爬升下降模型

在飞行器爬升的过程中，爬升的梯度为 γ 。 $\gamma > 0$ 时，代表飞行器在爬升； $\gamma < 0$ 则代表飞行器在下降。爬升时的相对于水平地面的速度为 v ，航向与坐标横轴之间的夹角为 α ，相应的模型方程如下：

$$q(\tau + \Delta\tau) = q(\tau) + \begin{pmatrix} v \cdot \cos \alpha \cdot \Delta\tau \\ v \cdot \sin \alpha \cdot \Delta\tau \\ v \cdot \gamma \cdot \Delta\tau \end{pmatrix} \quad (1)$$

2.2 加速减速模型

在飞行器飞行的过程中，经常需要加速或者减速，设飞行器初始速度为 v ，加速度为 a ，相应的模型方程如下：

$$q(\tau + \Delta\tau) = q(\tau) + \begin{pmatrix} (v + a \cdot \Delta\tau / 2) \cdot \cos \alpha \cdot \Delta\tau \\ (v + a \cdot \Delta\tau / 2) \cdot \sin \alpha \cdot \Delta\tau \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

2.3 偏航模型

飞行器从原航路偏离角度为 $\Delta\alpha$ ，但速度还是

维持不变，那么动态方程为：

$$q(\tau + \Delta\tau) = q(\tau) + \begin{pmatrix} v \cdot \cos(\alpha + \Delta\tau) \cdot \Delta\tau \\ v \cdot \sin(\alpha + \Delta\tau) \cdot \Delta\tau \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

2.4 等待模型

在计算过程中，把运动轨迹简化成正圆形轨迹，假设等效转弯率为 ρ ，圆的半径为 r ，那么运动动态方程为：

$$q(\tau + \Delta\tau) = q(\tau) + \begin{pmatrix} r \cdot (\cos(\alpha + \rho \cdot \Delta\tau) - \cos(\rho \cdot \Delta\tau)) \\ r \cdot (\sin(\alpha + \rho \cdot \Delta\tau) - \sin(\rho \cdot \Delta\tau)) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

3 飞行航路绘制与监视

在分析飞机当前位置时，系统需要解析实时相机拍摄得到的飞机前视场景每一帧的图片。每一帧的图片经过动画化处理成为一个连续的视频来确定飞机的中心点位置，但在实际应用过程中，可能会出现由于飞机颠簸、风力过大吹动摄像头或飞鸟、塑料袋等异物对摄像头的遮挡而造成的画面不连续或者画面有遗失像素区等情况。为了解决这种情况，引入高斯滤波^[3]进行图像平滑处理。

在图像处理过程中，系统首先要确定高斯核。在图像处理过程中，首先会把照片数字化，变成一个点阵图，过程中可能会由于异物遮挡或计算出错而产生对图像处理不利的像素点或者像素块，称为噪声。而把这些噪声通过某个“镜片”过滤掉，使其

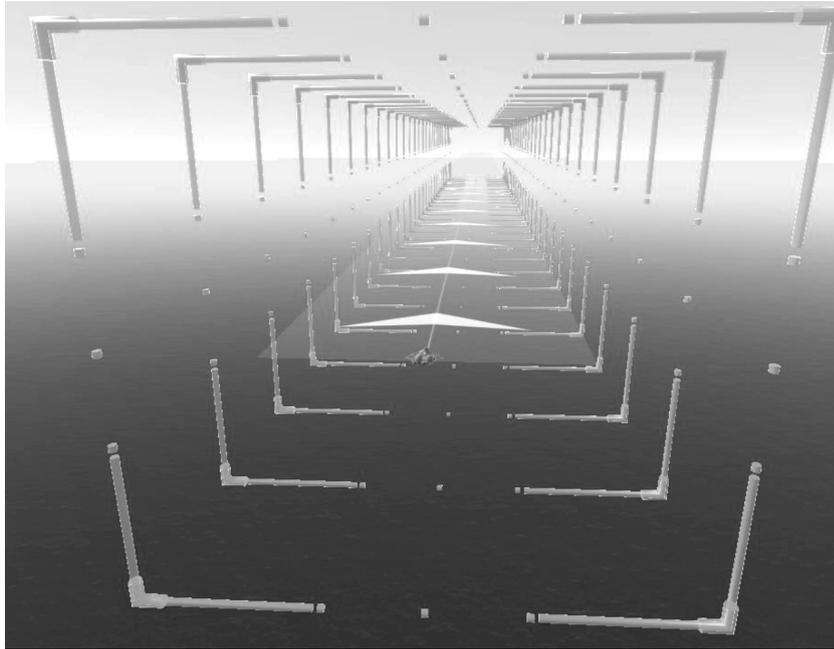


图5 可视化显示界面

不影响观测，这个“镜片”就称为滤波器。高斯函数的分布决定，系统在处理图像的时候需要一个中心值^[4]，然后确定标准差，取三个标准差以内的值作为高斯模板进行卷积。移动相关核的中心，把要处理的图像像素值和相关的核相乘，输出一个高斯模糊图像。

传统EVS在使用过程中是以摄像头直接拍摄飞机前视场景并佐以各种数字化信息进行飞行辅助，在摄像头有遮挡时可能会出现信号丢失的情况；系统引入高斯滤波进行图像平滑处理，优化了飞机前视场景展示的连贯性，改善了当摄像头出现不可控的情况时的处理方法，解决了前视场景有时出现信号丢失的问题。

图5所示是一个典型航路可视化显示界面。图中洋红色的航路边界线，为飞行员直观地绘制出前视场景中既定的飞行航路。飞机应在该区间范围内进行飞行，满足既定的飞行计划。如果偏离该区间，则会触发告警机制。

在实现过程中，系统采用高斯滤波处理摄像头连续拍摄画面，进而分析画面中心点的方法进行对飞行器实际位置的监测。再由可视化航路为飞机直观的渲

染出可以运行的区间，为飞机绘制了一条“空中走廊”，将视角由第一视角转换成第三视角，并在前视场景的视景中给飞行器建模，把飞行器模型具象化在“空中走廊”内。在该“空中走廊”的边界上，即安全隔离和飞行间隔处，增加偏离告警^[5]。通过环境监视技术，如气象雷达、机载防撞系统、地形防撞系统，这样就可以在可视化航路的过程中实时渲染和提醒，使飞行员清晰地观测到航线通道。

4 结语

本文提出的结合增强现实技术的可视化航路指示方法通过航路信息数字化、搭建空中交通网络模型、渲染可视化航路等方法，实现了对于飞机前视航路的绘制和飞行轨迹的偏离检测，在未来可应用于城市空中交通的运营中，增加飞机的安全性，降低飞行事故的发生概率，从而帮助通航飞机更好地投入市场当中。

参考文献：

- [1] 马万峰, 黎娅娟. AR透明眼镜渲染[J]. 现代计算机, 2019(2): 55-59.
- [2] 梁勇, 张友安, 雷军委. 一种基于Dubins路径的在线快速航路规划方法[J]. 系统仿真学报, 2013(S1): 291-296.
- [3] 石美红, 毛江辉, 梁颖. 一种强高斯噪声的图像滤波方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(7): 1637-1640.
- [4] 武永贵, 王树勋, 汪飞. 四元数和超复数在加性高斯噪声背景下二维谐波频率估计中的应用[J]. 吉林大学学报(工学版), 2006, 36(3): 122-125.
- [5] 刘计民, 张兆宁, 沈金炜. 基于CNS性能的平行航路侧向碰撞风险评估[J]. 航空计算技术, 2009, 39(5): 14-18.

作者简介: 刘涛(1988.11-), 男, 汉族, 江苏徐州人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 飞机系统研发。