

# 基于 VAPS 的虚拟航空仪表显示系统<sup>①</sup>

王 鹤<sup>1</sup>, 邱云飞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(辽宁工程技术大学 基础教学部, 葫芦岛 125105)

<sup>2</sup>(辽宁工程技术大学 软件学院, 葫芦岛 125105)

**摘要:** 虚拟航空仪表系统是飞行模拟器的重要组成部分。结合虚拟仿真技术和飞行模拟器样机的技术要求, 阐述了虚拟航空仪表的构建和虚拟仪表系统的实现方法。系统采用软件 VAPS 进行虚拟仪表的外形设计; 采用 VAPS 和 C++混合方式进行驱动显示; 采用 C 编程语言实现虚拟航空仪表系统内部的通讯, 网络通讯采用 UDP/IP 通讯形式。仿真结果证明, VAPS 建模形象逼真, 是一种简捷高效的仪表仿真软件, 将其应用于航空仪表面板仿真中, 能够取得良好的效果。

**关键词:** 虚拟仪表; 飞行仿真系统; VAPS; VC++6.0

## Virtual Aircraft Instruments Based on VAPS

WANG He<sup>1</sup>, QIU Yun-Fei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Department of Basic Teaching, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

<sup>2</sup>(Software College, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

**Abstract:** Aviation instrument simulation is an important part in flight simulator. Considering current development of virtual reality technology and practical request of the flight simulator, this paper gives a description of virtual aviation instrument construction and application. The system uses professional software VAPS to design the appearance of aviation instrument simulation. It uses VAPS and C++ language to achieve the communication between the aviation instrument simulation. It uses C programming language to describe the VAPS Communications interface to other applications. The network communication uses UDP/IP. The simulation results show that VAPS modeling is a simple and efficient instrument. It provides a reference on virtual simulation technology.

**Key words:** aviation instrument simulation; flight simulation system; VAPS; VC++6.0

飞行模拟器是典型的人在回路的仿真系统, 是采用地面模拟设备模拟飞机飞行的重要装置, 是当今国际航空界普遍采用的训练飞行员的有效手段。虚拟航空仪表显示系统作为飞行模拟器的重要组成部分, 提供关于飞机状态和飞行特性等重要信息。仿真航空仪表系统影响飞行仿真的逼真性和训练任务的覆盖率, 是决定飞行模拟器仿真度和先进程度的重要技术指标, 影响到整个模拟器的先进水平。

虚拟航空仪表显示系统的指导思想是建立一个模块化、面向对象的仿真系统。它提供一个控制模型, 通过优化设计和飞行参数的具体分析和处理, 可直接

验证理论模型的准确程度, 达到实时仿真的效果。本文侧重于虚拟航空仪表系统软件的开发, 主要用于地面训练模拟器上, 实现航空仪表参数的显示、修改、读取、存储等功能。本文结合航空仪表系统的实际应用确定虚拟航空仪表系统开发的整体方案和流程, 来开发飞行模拟器虚拟航空仪表显示系统。

## 1 系统概述

虚拟航空仪表显示系统开发工作主要集中在虚拟仪表的外观, 指针, 滚动显示数据条, 警告等设计与制作, 通讯接口的开发以及外设硬件的驱动三方面,

① 基金项目:辽宁省高等学校创新团队项目(2009T045)

收稿时间:2011-03-21;收到修改稿时间:2011-04-29

虚拟仪表界面是虚拟仪表制作的主要工作，其界面的逼真度是影响虚拟仪表系统真实感的主要因素。同时，飞行模拟器虚拟仪表系统的开发应该保证具有一定的灵活性，平台的可移植性和良好的实时交互性，故而对系统软件开发环境提出了较高的要求<sup>[1]</sup>。

本系统开发采用 PC 机，具体软件配置如下：操作系统采用 Microsoft Windows NT；虚拟仪表专业开发软件采用 VAPS 6.3；编程环境采用 Microsoft Visual C++6.0；采用 Photoshop8.0、3D Max6.0 等作为辅助建模工具。

加拿大 VPI 公司的 VAPS 是专业的仪表生成工具。VAPS 可以创建实时的、三维的、照片级的、交互的图形界面。它能与 Labview/Sinmulink 仿真应用相连；它生成的 C 代码和 ActiveX 源代码可以单独运行，也可以嵌入其它应用中；它可以运行于 WindowsNT、IRIX 和 Linux 操作系统上；VAPS 具有良好的图形用户界面，用户可通过构建所需电子仪器仪表对象，通过数据通道机制和外界实现数据连接。作为一个 COTS(commercial-off-the-shelf)工具，VAPS 能推动在各种 COTS 计算和显示环境中的航空电子显示的开发和配置。VAPS 开发流程如图 1。

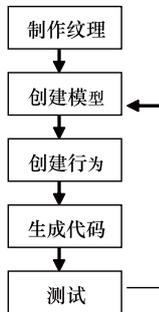


图 1 VAPS 开发流程图

## 2 虚拟航空仪表系统功能实现

### 2.1 系统功能模块描述

虚拟航空仪表显示系统是整个飞行仿真系统的重要组成部分，实现大部分飞行仿真数据的人机交互，如图 2。其中主飞行显示器(PFD)上主要显示飞机速度、高度、姿态和航向等一系列参数以及飞行管理系统(FMS)的当前状态，导航显示器(ND)是主要的导航显示器，显示飞机的航向信息，提供飞机当前位置、目的地机场位置、飞行航线、航路点、导航台、飞机与目的地及航路点的距离和航向信息，发动机指示和机组

告警系统(EICAS)显示发动机系统参数、燃油系统参数、滑油系统参数等；飞行方式控制面板(MCP)主要实现对飞机飞行的控制，发动机显示控制面板用于对 EICAS 上有关显示信息的控制<sup>[2]</sup>。

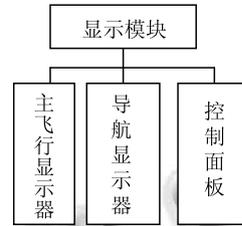


图 2 虚拟仪表显示系统

虚拟航空仪表显示系统实现以下功能：

- (1) 对本机各模块和通过网络接收的其他模块的飞行仿真数据，依照不同的工作模式显示相应的图形、字符和参数，并根据实际仪表功能执行相应的动作。
- (2) 根据控制面板或其他模块传来的指令调整各个显示器工作模式，切换显示页面内容。
- (3) 将通过本模块产生的飞行仿真数据发送给飞行计算等模块，实现整个飞行仿真系统的动态操纵和实时连接<sup>[3]</sup>。

虚拟座舱仪表系统采用条理清晰的、面向对象模块化结构的编程思想，模块应该具有独立性，各个模块之间尽量减少耦合，以实现程序的可移植性和可扩充性。虚拟航空仪表显示系统可划分为不同的功能单元，各功能单元既相互连接，又可独立工作<sup>[4,5]</sup>。系统模块主要分为：仪表生产模块、驱动显示模块、数据通讯模块。

### 2.2 系统功能模块实现

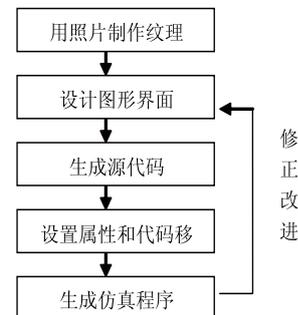


图 3 虚拟仿真仪表开发流程

开发仿真航空仪表执行文件的过程是一个交互循环的过程<sup>[6]</sup>，如图 3。首先建立 VAPS 与 VC++编译器

的连接,然后编辑图形界面,生成 C++代码。如果界面不令人满意,则重新编译,修改和生成可执行文件。

### 2.2.1 仪表界面开发

座舱仪表按显示方式可分为飞行仪表和显示器两类,其中飞行仪表主要包括:柱形仪表、盘式仪表和矩形仪表,显示器主要为 LED 显示。所做的虚拟仪表尺寸、颜色、外型、仪表功能、逻辑关系、报警指示、字体以及响应时间等都应该与真实座舱仪表一致。

仪表画面分为运动和静止两类图形,分别进行数字建模。一些仪表图片需要用 photoshop 软件进行处理做成 PNG 格式纹理,使其更加接近真实座舱的仪表。

在运行 VAPS 时只对图形中的运动部件执行刷新操作,对被定义的背景图形图像不进行刷新,这样可以提高显示器的刷新频率<sup>[7]</sup>。

制作过程:利用 VAPS 生成 HMI 的图形框架<sup>[1]</sup>,建立一个工程(project)文件,然后在其下建立图形(frame)文件用来绘制 HMI 图元(Graphical Object)。可以为每个图元定义动作,并可以将这些动作组合成为更加复杂的行为。

#### (1) 盘式仪表建模

以马赫表圆周刻度建模为例,马赫表圆周刻度的分布是不均匀的,采用的是先疏后密的排列顺序,如图 4。



图 4 马赫表

为了让输入数据能与变化后的刻度一一对应起来,必须进行数值变换。以下为马赫表数值变换的部分代码:

```
float m=100;
m=(float)x[5];
if(m<=100)
m=(m-60)*1.7+60;
else if(m<=150)
```

```
m=(m-100)*1.8+(60+40*1.7);
else if(m<=200)
m=(m-150)*0.8+(60+40*1.7+60*1.8);
else if(m<=250)
m=(m-200)*0.85+(60+40*1.7+60*1.8+40*0.8);
else if(m<=400)
m=(m-250)*0.7+(60+40*1.7+60*1.8+40*0.8+50*0.85)
else m=400*9;
```

变换程序中马赫表输入系数的确定,是按照刻度分布规律地推得到的,并通过运行仿真程序来校正其系数,直到完全符合要求为止。

#### (2) 柱式仪表的建模<sup>[8]</sup>

利用 VAPS 创建一个圆柱,然后控制滑块移动。在初始化函数中调用函数 GetLocation()获得滑块初始位置给结构体 Lsjd\_init,然后在代码添加窗口添加如下代码:

```
void JSBZSQGClass::Lsjd_angle (const float&
value){
Vertex v;
v.x=Lsjd_init.x;
v.z=Lsjd_init.z;
v.y=(-Lsjd_angle)*(68.0/25.0)+Lsjd_init.y;
v.z=Lsjd_init.z;
v.y=(-Lsjd_angle)*(68.0/25.0)+Lsjd_init.y;
up_slide1->Location(v);}
```

生成代码,在 VC++环境下进行调试。

#### (3) LED 数码显示仪表的建模



图 5 LED 数码管

LED 显示仪表是一种通过 LED 发光管显示数值的仪表,如图 5。下面以偏流地速显示器为例,研究 LED 显示仪表的建模过程。LED 显示模型需要定义七条线并赋予相应的纹理,分别命名为 Line1~Line7,然后通过控制线的显示来显示数字,显示程序如下:

```
void Num_display (const int& value)
{
    _num_display=value;
    switch (value)
    {
        case 0: //显示 0
            Line1->Visibility(true);
            Line7->Visibility(true); break;
        case 1: //显示 1
        case 9: //显示 9 break; }
    }
```

### 2.2.2 驱动显示

当一块虚拟航空表的外观和运动属性定义完成后,要对其内部逻辑驱动程序进行编译。为了实现仪表盘中仪表指针、电门、旋钮等部件的控制,要在代码生成器中完成各部分的运动和响应关系。

在 Object Inspector 可以实现数据和目标的联接、VAPS 环境中数据的操作以及 HMI 应用和其他进程的数据交换。其工作界面为图形化界面,只需将数据通道与图元的目标属性相连即可完成对图元的驱动;在 ATN 文件中定义 HMI 图元的行为、逻辑。它提供一个电子表格接口来定义 HMI 应用中的复杂交互。将状态、事件和反映等进行定义后, VAPS 可自动生成控制逻辑的相应程序。最后,在运行界面中验证、观察 HMI 效果并加以改进。

将构建的虚拟仪器仪表对象等文件转化为 ANSIC 代码,再调用 VC++编译器,生成可执行文件,同时可移植到其他计算上。依靠将 VAPS 生成的单一图形调用文件转换成由特殊图形应用程序接口(API)所支持的图形调用文件,虚拟航空仪表显示便可被移植到任意图形环境中。

### 2.2.3 通讯接口的实现

当内部逻辑驱动程序编译完成后,虚拟仪表便具备了按照预定逻辑运动的能力,此时需要建立与外界信号通讯的接口程序<sup>[7]</sup>。

在仪表和仪表之间进行通讯,有时是一台机器上的不同仪表之前通讯,或者不同机器之间的仪表进行通讯。经由 VAPS 开发的仪表之间的通讯统称为 VAPS 内部通讯。通讯的方式采用 UDP/IP。

内部通讯设计涉及到通道连接,通过 C 语言来实现。以下为以 C 语言为例,通过调用 VAPS 中通道函

数实现本地机发送和接收数据。部分代码如下:

以下为实现网络通讯的程序:

```
if(!(vaps_dir=getenv("VAPS_DATA")))
{
    vaps_dir = ".";
    if(!(vaps_filename=getenv("VAPS ")))
    {
        vaps_filename = "vp_network";
    }
    if(*vaps_filename == '/')
    {
        printf("%s\n",vaps_filename);
    }
    else {printf("%s/%s\n",vaps_dir,vaps_filename);}
}
```

## 3 结语

本文研究了基于 VAPS 的仪表仿真技术,并将其应用到飞机座舱仪表板的虚拟仿真中,取得了良好的仿真效果,在系统开发的全过程中实现了需求与设计一致性行,实现了需求验证和设计修改的快速、高效迭代,达到了优化设计过程、方便需求分析、降低开发成本的目的,在民用飞机、运输机和特种飞机的航空电子系统设计方面具备了相当的应用前景和潜力。

## 参考文献

- 1 王大勇.基于 VAPS 下虚拟航空仪表的开发.哈尔滨工业大学,2006.
- 2 乔林,费广正.Visual C++高级编程技术-OpenGL 篇.北京:中国铁道出版社,2005.
- 3 Fennell N, Hemmens S, Moody M. Engineering Flight Simulator Designed for Human in the Loop Interaction. Proceedings of the SETE2000 Conference, 2000,8-10.
- 4 马锐,马存宝,宋东,张加圣.民用飞机电子仪表仿真系统的设计与实现.计算机仿真,2006,23(12):62-64.
- 5 魏丽娜.基于 VAPS 的虚拟航空仪表的构造与实现.沈阳航空工业学院学报,2009,26(3):26-28.
- 6 李哲煜,刘国庆,张维军.大型运输机模拟仪器仪表系统,计算机系统应用,2010,19(8):44-47.
- 7 夏炜,孙晓敏,邵文清.基于 VAPS 的电子飞行仪表系统显示设计.航空电子技术,2009,40(3):15-18.
- 8 刘国庆,李哲煜.某型飞机模拟训练器虚拟仪表系统的研究.微计算机信息,2010,26(6):110-111.