

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.06.038

飞行模拟器数据采集系统软件设计

韩帅利*, 董陈光, 崔之熠

西安飞豹科技有限公司, 陕西 西安 710089

摘 要: 针对飞行模拟器数据采集, 采用面向对象方式将所有功能抽象成几个独立的核心类的方法进行软件设计。将接口控制定义 (ICD) 数据的详细细节配置在可扩展标记语言 (XML) 文件中, 可变部分写入配置文件中, 不可变部分通过代码提供通用接口, 实现了软件的通用性、可扩展性, 缩短了开发周期, 也方便后续维护。该设计已应用于多台模拟器的数据采集。

关键词: 飞行模拟器; 数据采集; 类设计; 配置文件; 通用性; 扩展性

中图分类号: TP39 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2017) 06-0038-04

随着飞机的性能指标、任务要求、系统集成等要求的提高, 与之配套的高仿真模拟器变得复杂, 需要实时采集与处理的数据越来越多, 种类越来越繁杂^[1]。数据采集软件是飞行模拟器正常运行的基本保证。其通过提供实时、准确、稳定的数据采集及座舱设备数据处理, 为飞机仿真系统提供数据。系统主要完成座舱设备硬件与仿真系统的数据交互: 一方面采集硬件的模拟信号、数字信号以及 ARINC429、RS-422 等总线信号, 将采集到的信号经过处理, 通过网络发送给飞行仿真、航电仿真、综合控制管理系统等; 另一方面飞行仿真、航电仿真系统通过网络将数据发送给数据采集系统软件, 经过处理驱动硬件设备。

在传统飞行模拟器的设计中, 数据采集软件的设计与硬件板卡的采集方式密不可分。针对不同需求, 硬件往往采取不同的设计方式, 软件需要量身定做, 重用性低, 耗费大量的人力、财力。本文将可变部分通过配置文件方式进行配置, 数据的处理按照类型设计为通用接口, 并预留其他信号类型接口的方法, 克服了软件通用性差的缺点^[2]。

1 系统描述

1.1 功能描述

数据采集软件的主要功能包括: (1) 座舱设备数据采集; (2) 座舱原始数据转换; (3) 通道滤波; (4) 通道数据监视; (5) 系统运行状态监视; (6) 系统单独测试。

数据采集系统软件由数据采集模块、数据处理模块、配置管理模块、网络通信模块及图形用户界面组成。

数据采集模块主要调用底层驱动软件的 API 函数进行采集。底层驱动软件由采集卡供应商提供, 为方便使用, 本设计将需要用到的功能函数进行了封装。数据处理模块根据配置文件解析采集包中的数据, 按照类型根据参数配置进行相应的变换, 并输出到对应数据结构中。配置管理模块主要为数据处理提供基础, 配置项包括信号的名称、类型、所在采集数据包中的字节偏移、字节大小、要转换的目标值以及目标写出位置等。

网络通信模块保证了数据的实时交互。目前, 网络通信主要采取的方式有: 反射内存网、以太网、1394 通信方式。本文设计采用以太网的用户数据报协议 (UDP) 方式, 实时性高、系统开销小。图形用户界面提供给用户实时查看设备状态、驱动信号以及维护阶段的数据调试功能。

1.2 系统类设计

利用面向对象思想, 通过分析根据功能将实体对象抽象成类, 包括数据采集板卡类 CCardDriver、配置管理类 CReadXMLData、图形界面类 CKZM_IFSDlg、网络通信类 CUDPcomm 以及数据处理类 CdataProcInterface。系统设计类图如图 1 所示。

数据采集板卡类 CCardDriver: 将底层驱动提供的函数及属性以采集卡为单位封装为类, 对外通过几个接口函数提

收稿日期: 2017-02-21; 退修日期: 2017-04-25; 录用日期: 2017-05-03

* 通讯作者. Tel.: 029-86856723 E-mail: 419865686@qq.com

引用格式: HAN Shuaili, DONG Chenguang, CUI Zhiyi. Design of flight simulator system data acquisition software[J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (06): 38-41. 韩帅利, 董陈光, 崔之熠. 飞行模拟器数据采集系统软件设计[J]. 航空科学技术, 2017, 28 (06): 38-41.

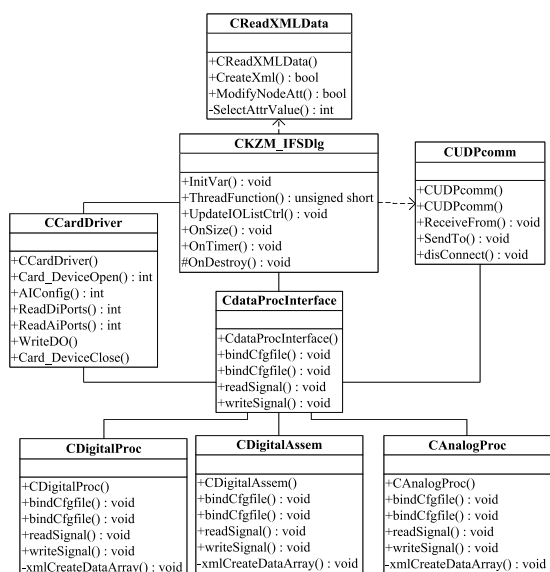


图1 数据采集系统软件类图

Fig.1 Class diagram of data acquisition system software

供功能。其包含通过板卡描述实例化对象、打开板卡、配置模拟量电压范围、读取数字量输入 (DI)、读取模拟量输入 (AI)、写入数字量输出 (DO)。配置管理类 CReadXMLData: 该类主要包含了数字量、组合开关、模拟量的配置信息。可实现读取指定配置文件信息到结构体中和修改指定配置项的功能。数据处理类 CdataProcInterface: 按照面向对象高内聚、低耦合的设计原则, 将数字量、组合开关、模拟量分别抽象成类。为方便二次开发, 对模拟量、组合开关、数字量处理进行了再次封装, 提供统一接口类 CdataProcInterface, 以动态链接库 (dll) 形式供开发人员使用, 并可扩展。网络通信类 CUDPcomm: 该类对 Windows 下的 UDP 通信函数进行了封装, 对初始化部分统一处理, 简化了使用。图形用户界面类 CKZM_IFSDlg: 采用 MFC 对话框编程方式, 界面部分通过读取其他模块的数据输出进行定时刷新。

2 数据采集软件系统实现

2.1 实现原理

数据采集软件架构如图 2 所示, 通过驱动软件与座舱设备进行数据交互; 通过以太网与其他分系统通信; 配置管理模块贯穿整个系统, 用于数据打包解包; 数据采集系统软件充分按照面向对象高内聚、低耦合的设计原则, 将各种数据进行分类处理。

数据采集系统软件采用模块化设计方法, 将软件划分成多个独立功能模块, 模块之间通过公共接口进行通信, 尽量减少全局变量的使用, 以减少模块之间的耦合度; 另一方面软件运行所需的外部数据采用配置文件 (XML) 形式提供, 通过使用这两种设计方法来提高软件的维护性和扩展性。

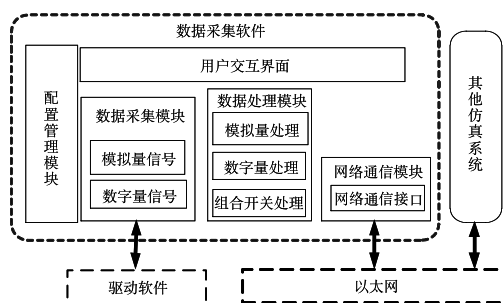


图2 数据采集软件架构图

Fig.2 Architecture diagram of the data acquisition software

2.2 运行流程

数据采集系统软件运行流程如图 3 所示。

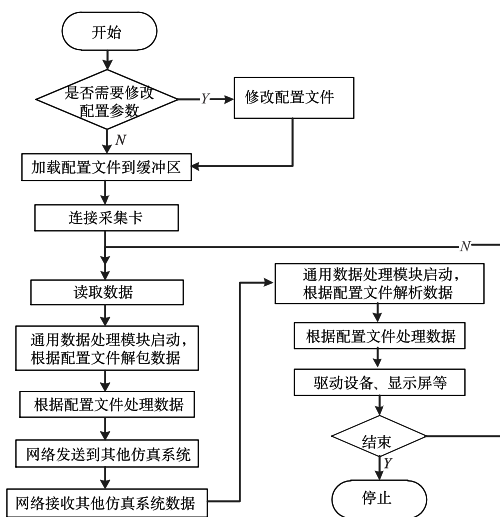


图3 数据采集系统软件流程图

Fig.3 Flowchart of the data acquisition system software

3 关键技术

3.1 软件重用性设计

(1) 存在的问题: 数据采集软件主要实现各类型信号量的采集和设备的驱动功能, 但其受制于硬件设计, 往往随着硬件的变化而变, 导致开发人员重复设计且软件质量良莠不齐, 优秀的设计也无法有效继承。因此, 亟须将公共部分提取出来建立通用库以节省成本。

(2) 解决措施: 将数据处理部分封装为 dll, 对外提供统一接口且数据处理内部按照信号类型进行面向对象设计, 并预留各类型接口。飞行模拟器数据采集信号类型一般包括数字量、模拟量、组合开关、航空电子全双工交换式以太网 (AFDX)、422 总线、429 总线等, 数据处理设计类图如图 4 所示。

图 4 包含了数字量、模拟量、组合开关的数据处理, 可在此基础上扩展出其他信号类型。dll 对外提供统一接口, 具体使用如下:

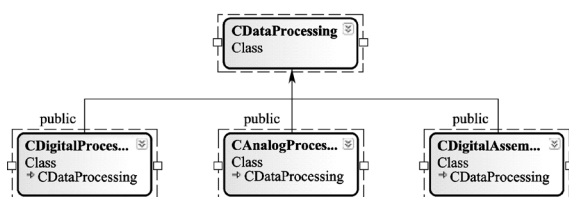


图4 数据处理类图

Fig.4 Data processing class diagram

初始化处理对象:

```
dataProcInterface1=new CdataProcInterface ("Chanel_1");
```

处理采集信号:

```
dataProcInterface1->readSignal ((u_char*) (card4750_1->DataPort_Input), (u_char*) P_SYS_Output_Temp+4);
```

处理驱动信号:

```
dataProcInterface1->readSignal ((u_char*) (card4750_1->DataPort_Input), (u_char*) P_SYS_Output_Temp+4);
```

3.2 软件的维修性设计

(1) 存在的问题: 软件开发后期经常会出现维护需求, 主要包括: 需要增减设备或者调整设备接线; 模拟量由于机构变形会出现零漂; 模拟量需要按照协议进行线性变换, 变换目标值会根据工程试验需求变化。

(2) 解决措施: 使用 XML 文件作为配置文件以解决设备改线、增减问题; 通过更新配置文件定期对传感器引起的误差进行校正。

本文采用第三方插件 TinyXml 进行 XML 文档解析^[3]。XML 配置文件的应用程序能够方便地处理所需数据, 无须重新编译。配置文件是数据处理模块和采集模块工作的桥梁, 方便后期维护的模拟量校正和数据的解包打包。具体分为数字量配置、模拟量配置、组合开关配置。

(a) 数字量

数字量信号结构如下:

```
<DigitalItem Name=" Digital" Desc=" Desc" >
    <DataItem Name=" DataName1" ByteOffset= "18"
    BitOffset=" 0" Reverse=" true" DdbOffset=" 0" >1</
    DataItem>
    .....
</DigitalItem>
```

数字量各数据项说明如表 1 所示。

表 1 XML 文件数字量各数据项说明
Table 1 XML file digital signal data description

数据项	说 明
Name	信号量的名称
ByteOffset	采集到的起始字节
BitOffset	在这个字节中的位置, 0~7, 在内存中占 1bit
Reverse	用于是否反转该开关量
DdbOffset	写出数据字节偏移

(b) 组合开关

组合开关信号结构如下:

```
<DigitalAssemble Name=" Assemble" >
<DataItem Name=" DataName1" DdbOffset=" 20" >
    <Assemble Bit= "0" ByteOffset= "24" BitOffset=" 0"
    Reverse=" false" OutputValue=" 1" >0</Assemble>
    <Assemble Bit= "1" ByteOffset= "24"
    BitOffset=" 1" Reverse=" false" OutputValue=" 1" >0</
    Assemble>
    <Assemble Bit= "2" ByteOffset= "24"
    BitOffset=" 2" Reverse=" false" OutputValue=" 1" >0</
    Assemble>
    .....
</DataItem>
.....
</DigitalAssemble>
```

组合开关各数据项说明如表 2 所示。

表 2 XML 文件组合开关各数据项说明
Table 2 XML file combination signal data description

数据项	说 明
Name	信号量的名称
DdbOffset	写出数据起始字节
Bit	高低位序号
ByteOffset	采集到的起始字节
BitOffset	在这个字节中的位置, 0~7, 在内存中占 1bit
Reverse	用于是否反转该开关量
OutputValue	该位有效时对应的输出值

(c) 模拟量

模拟量信号结构如下:

```
<AnalogItem Name=" Analog" Desc=" Desc" >
    <DataItem Name=" IFS_dThrottleLeft"
    ByteOffset= "8" DevDataSize=" 8" Zero=" 0" Min=" 0.47"
    Max=" 8.17" VZero=" 0" VMin=" 0" VMax=" 68" DdbType="
    double" DdbSize=" 8" DdbOffset=" 108" >0</DataItem>
    .....
</AnalogItem>
```

模拟量各数据项说明如表 3 所示。

为降低电磁对模拟信号的干扰, 采用文献 [4] 所述方法进行信号滤波; 为消除模拟量采集传感器的零漂或操纵机构形变引起的误差, 必须定期进行数据校正, 保证信号的准确性。数据校正主要通过修改配置文件中模拟量的相关参数实现, 具体的实现方法为: 将设备放置到最大值位置, 记录当前采集电压值, 写到配置文件的 Max 属性中; 将设备放置到最小值位置, 记录当前采集电压值, 写到配置文件的 Min 属性中; 若有中立位, 保持设备自动回中, 将采集值记录到配置文件相应变量的 Zero 属性中, 若无属性值写为 0。

表 3 XML 文件模拟量各数据项说明
Table 3 XML file analog signal data description

数据项	说 明
Name	信号量的名称
ByteOffset	采集到的起始字节
DevDataSize	该数据大小 (单位: bit)
Zero	采集中立位
Min	采集到的最小值
Max	采集到的最大值
VZero	目标中立位
VMax	目标值的最大值
VMin	目标值的最小值
DdbType	数据类型
DdbSize	输出字节大小
DdbOffset	写出数据字节偏移

4 结束语

针对飞行模拟器数据采集系统软件需求,主要从软件架构和配置管理两方面做了改进性设计。在软件构架方面,考虑到数据采集软件的特性,对其进行深入剖析,采用面向对象方式将所有功能抽象成几个独立的核心类,该设计方式完全实现了软件工程中高内聚、低耦合的设计思路,提高了软件的复用性、可读性;在配置管理方面,本设计将 ICD 数据的详细细节配置在 XML 中,可变部分都写入配置文件中,不可变部分通过代码提供通用接口,该设计简化了开发工作,缩短了开发周期。为后期维护提供了方便,数据校正只需修改配置文件,无须再编译代码。该设计方法可为其他数据采集软件设计提供参考。

AST

参考文献

- [1] 肖景新. 大型运输机飞行仿真软件设计 [D]. 长春: 吉林大学, 2008, 5-6.
XIAO Jingxin. Design of flight simulation software for large transport aircraft [D]. Changchun: Jilin University, 2008, 5-6. (in Chinese)
- [2] 杜鹏, 陶洪铸. 面向多应用的通用数据采集技术方案 [J]. 电力系统自动化, 2015, 36 (1): 26-29.
DU Peng, TAO Hongtao. A general purpose data acquisition scheme for multi application [J]. Automation of Electric Power System, 2015, 36 (1): 26-29. (in Chinese)
- [3] C++ 之 tinyXML 使用 [EB/OL]. (2014-10-30) . http://blog.csdn.net/L_Andy/article/details/40615517.
tinyXML use of C++[EB/OL]. (2014-10-30) . http://blog.csdn.net/L_Andy/article/details/40615517. (in Chinese)
- [4] 赵毅. 数字滤波的算数平均法和加权平均法 [J]. 仪表技术, 2010 (4): 41-44.
ZHAO Yi. Arithmetic mean method and weighted average method of digital filter [J]. Instrument Technology, 2010 (4): 41-44. (in Chinese)

作者简介

韩帅利 (1985—) 女, 硕士, 助理工程师。主要研究方向: 飞行模拟器系统仿真。

Tel: 029-86856723

E-mail: 419865686@qq.com

Design of Flight Simulator System Data Acquisition Software

HAN Shuaili*, DONG Chenguang, CUI Zhiyi

Xi'an Feibao Technology Co., Ltd., Xi'an 710089, China

Abstract: According to the data acquisition of flight simulator, the software was designed by the way of object oriented. Interface Control Document (ICD) details of data were corofigured in Extensible Markup Language (XML) file, the variable part were written in the configuration file, and the immutable part provided a common interface through code. Those realized the software generality, expansibility, shortened the development cycle, convenient maintenance. The design has been applied to the data acquisition of multiple simulators.

Key Words: flight simulator; data acquisition; class design; configuration file; generality; expansibility

Received: 2017-02-21; Revised: 2017-04-25; Accepted: 2017-05-03

*Corresponding author. Tel. :029-86856723 E-mail: 419865686@qq.com