

飞行试验机载测试信息管理软件设计与实现

李筱雅, 魏建新, 叶冰

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 为了实现飞行试验过程中, 基于机载网络化测试系统的测试数据能够得到准确及时处理的目的, 通过采用基于 ADO 引擎的数据库编程技术、XML 文件处理方法以及线性、双曲线等多种校准处理方法, 进行机载测试信息管理软件设计, 并在多个型号试飞数据处理中投入使用, 试飞数据处理结果表明, 该软件中对网络化测试系统的 PCM 和网络测试信息导入和管理方法可行, 依据该软件形成的机载测试信息文件所处理的数据结果准确, 满足飞行试验机载网络化测试数据处理任务的需求。

关键词: PCM; 网络; 飞行试验; 机载测试; 信息管理

Design and Implementation of Airborne Test Information Management in Flight Test

Li Xiaoya, Wei Jianxin, Ye Bing

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: To achieved flight test process in the, based on airborne network test system of test data can get accurate timely processing of purpose, through used based on ADO engine of database programming technology, and XML file processing method and linear, and double curve, variety calibration processing method, for airborne test information management software design, and in multiple model flight data processing in the inputs using, flight data processing results indicates that, the software in the on network test system of PCM and network test information import and management method viable, Based on the airborne formation of the software test information the processed data and accuracy of the results in the document to meet the demands of flight test for airborne networked measurement data—processing tasks.

Keywords: PCM; network; flight test; airborne test; information management

0 引言

近年来, 在飞行试验强烈的需求牵引和网络技术突飞猛进发展的技术推动下, 飞行试验所需测试的参数数量不断增加、高采样参数越来越多, 飞行试验测试系统网络化、集成化成为一种发展趋势。

ARJ21 型号是我国自主研制的民航新支线飞机, 是大型飞机的设计基础, 该型号的机载测试系统采用了 PCM^[1]与网络的混合结构, 是从基于 PCM 的测试系统到网络化测试系统结构的过渡, 第一次采用了多条 PCM 数据流和多条网络数据流同时工作的系统架构。

飞行试验机载测试信息管理软件设计与实现, 是针对机载网络化测试系统架构而进行的。该软件设计针对 2 条 PCM 流加 8 条网络数据流采集和校准信息的管理, 同时进行 KAM500、M770 等多种采集器不同格式的测试信息自动导入和管理, 并最终形成 3 种格式的配置文件的, 分别作为机载实时数据处理系统^[2]、地面遥测监控系统、事后数据处理系统进行数据处理的唯一依据。

1 软件设计

1.1 设计思路

飞行试验机载测试信息管理软件设计思想是在 PCM 实时数据处理技术基础上, 根据新型网络化测试系统架构, 采用基于 ADO 引擎的数据库编程技术^[3]、XML 文件处理方法, 设计能够实现网络包快速处理的网络包信息、参数信息数据结

构, 实现 PCM 和网络数据流混合结构下的机载采集信息与校准信息的导入、管理、编辑以及实时处理参数组定义等功能, 并最终生成机载实时数据处理服务器、地面实时数据处理系统和事后数据处理系统进行数据处理所必需的 3 种参数信息配置文件, 即带头文件。

1.2 设计方法

1.2.1 结构设计

飞行试验机载测试信息管理软件主要由数据流信息管理、参数信息管理、校准信息管理、带头文件生成 4 个模块组成, 软件结构示意图如图 1 所示, 其中数据流信息管理中定义了两种不同结构的数据流, 最多 4 条 PCM 和 10 条网络共 14 条数据流, 一个试验可以是混合数据流也可以是一种数据流, 按照任务需求用户自行定义。

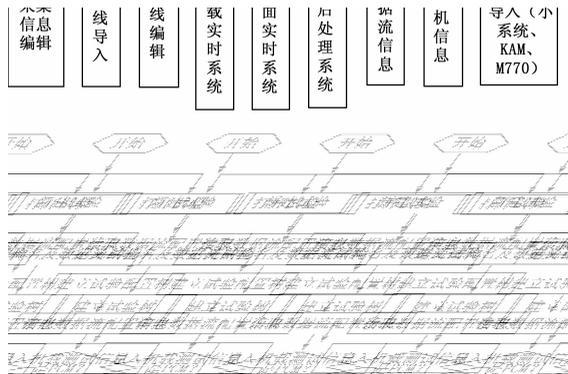


图 1 软件结构示意图

1.2.2 试验建立模块设计

试验建立模块主要功能是完成试验名称、试验结构的定义, 试验名称由型号名、飞机号组成, 试验机构有 3 种模式,

收稿日期:2014-04-10; 修回日期:2014-05-12。

作者简介:李筱雅(1973-)女,陕西西安人,硕士,研究员,主要从事飞行试验数据采集与处理技术方向的研究。

1~2 路 PCM 流、1~8 路网络数据流、1~2 路 PCM 与 1~8 路网络所组成的混合数据流。

1.2.3 测试参数采集信息管理模块

采集参数信息管理模块由采集信息导入、采集信息编辑两个子模块组成，其中采集信息导入子模块能够导入 KAM500、M770 采集器输出的采集信息，同时能够导入现有实时处理系统所生成的带头文件，提高软件的通用性。软件流程图如图 2 所示。

KAM500 采集器采集网络和 PCM 两种格式数据，网络数据进机载实时数据处理系统后，进行实时处理和重新编码为 PCM 格式的遥测信号传输到地面，而采集器直接输出的 PCM 信号进机载记录器，该数据用于事后处理。KAM500 采集器所形成的测试参数采集信息文件是 XML 格式的，该文件中包含了网络测试参数定义信息、网络包信息、采集板卡信息、与网络测试参数所对应的 PCM 格式的参数定义信息，因为机载实时数据处理系统所处理的是网络数据，而事后处理的数据是 PCM 格式，因此在进行 KAM500 采集参数信息导入模块设计时，采用了同时进行网络和 PCM 两种数据流采集信息的导入方法设计，每个参数信息存储在结构类型的二维数组中保存，需要生成带头文件时将所有参数信息写入到对应的带头文件中。

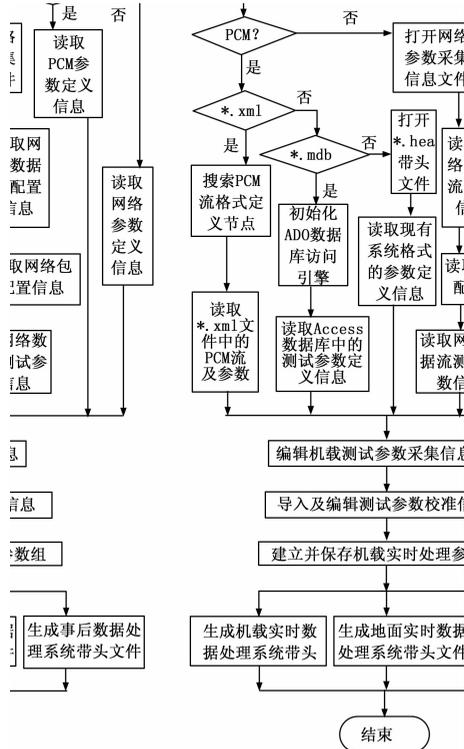


图 2 软件流程图

由于 M770 采集器^[4]采集 PCM 格式数据，它所形成的采集信息以 *.mdb 的格式存储在 Access 数据库中，以前所使用的数据库引擎基本上都是 BDE，在使用时必须先安装 BDE，并对其配置之后才可以使使用，为了在不影响使用效率的同时保证软件的独立性和简化用户使用方法，在 M770 采集器测试参数采集信息导入模块设计中采用 ADO 作为数据库操作引擎，实现对 Access 数据库的访问，用户不需要任何运行环境配置，从而实现机载测试信息管理软件免安装，达到即拷即用的效果。

1.2.4 测试参数校准信息管理模块

测试参数校准信息管理模块是为了完成校准信息的导入、录入、修改、删除而设计开发的，校准信息包括传感器校准信息、ARINC429、1553B、422 等总线 ICD 文件中的信息整理和录入等，校准类型主要有 4 种，分别是直线型、双曲线、点对校准、开关量和 1750 浮点^[5]，校准类型的定义如下：

1) 直线校准：

设原始码值为 x ，直线校准的计算公式为： $Y = Ax + B$ ；其中： B 为常数项， A 为系数， A 和 B 需要从 ICD 中查找后通过测试信息管理软件录入。

2) 双曲线校准：

设原始码值为 x ，双曲线校准的计算公式为： $f(x) = A/x + B$ ；其中： B 为常数项， A 为系数， A 和 B 需要从 ICD 中查找后通过测试信息管理软件录入。

3) 点对校准：

点对校准实际上是分段线性校准，测试信息管理软件允许最多的点对数为 30 对。设合并后的原始码值为 x ，判断 x 在哪两个校准点之间。例如在 $x_i \leq x \leq x_{i+1}$ 之间， x_i 点校准值为 y_i 、 x_{i+1} 点校准值为 y_{i+1} ，则：

$$y = y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}(x - x_i) \tag{1}$$

为了节省实时处理时使用 CPU 的时间和简化算法，在写带头文件时，不直接给出码值和物理量的对应值，而是将上式变为

$$y = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}x + \left(y_i - \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}x_i\right) \tag{2}$$

$$A_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}$$

$$B_i = y_i - A_i x_i$$

则实时处理时只需按下式计算：

$$y_i = A_i x + B_i$$

所以生成带头文件时，要将原始校准点 (x_i, y_i) 按 ③ 式变换为 (A_i, B_i) 。

4) 开关量校准：

对某一位开关量进行校准，校准公式为： $f(x) = ! (x \text{ xor } A0)$ ；其中： $A0=1$ ：表示 1 为真； $A0=0$ ：表示 0 为真。

1.2.5 带头文件生成模块设计

带头文件生成模块设计时根据不同系统的套头文件格式，设计了 3 种不同的带头文件格式，解决不同系统带头文件之间的兼容问题，机载实时数据处理系统所使用的带头包含机载测试系统所用数据流的全部测试参数信息，而地面实时数据处理系统只是其中用于遥测传输部分的参数信息，事后数据处理系统只处理 PCM 数据，所以只有每个 PCM 流及与网络数据流对应的 PCM 流的参数采集信息。

机载实时数据处理系统的带头格式是为了满足机载 PCM 与网络混合架构的机载测试数据能够快速、准确的处理而设计的, 带头文件结构如下所示。

```
test_name: ARJ21
creat_date: 2013-3-20
modify_time: 2013-3-20 15: 46: 34
flight_no: 970
stream_num: 2 3
# streamno -- syncword -- syncwordln -- bitrate -- codetype --
polarity -- loopwidty -- wordlen -- shc
1P FE6B2840 32 1048576 NRZ-L AUTO 0. 300000 16 16 128 2 0 16
M770 M770
2P FE6B2840 32 1024000 NRZ-L AUTO 0. 300000 16 16 256 2 0 16
M770 M770
streamno -- AcquisitionCyle -- packetnum -- devtype
1N 31250 4 KAM500
2N 31250 3 KAM500
3N 31250 4 KAM500
# streamno -- packetid -- srcip -- srcport -- desip -- desport --
packetlen -- paranum -- times/second
1N 31 192. 168. 101. 1 1023 192. 168. 101. 255 1028 1688 836 32
1N 31 192. 168. 101. 1 1023 192. 168. 101. 255 1028 1636 810 32
1N 31 192. 168. 101. 1 1023 192. 168. 101. 255 1028 1552 39 32
1N 31 192. 168. 101. 1 1023 192. 168. 101. 255 1028 656 320 32
2N 47 192. 168. 101. 2 1023 192. 168. 101. 255 1028 1824 904 32
2N 63 192. 168. 101. 2 1023 192. 168. 101. 255 1028 1744 54 32
2N 31 192. 168. 101. 2 1023 192. 168. 101. 255 1028 1776 55 32
3N 47 192. 168. 101. 3 1023 192. 168. 101. 255 1028 1712 53 32
3N 63 192. 168. 101. 3 1023 192. 168. 101. 255 1028 1552 48 32
3N 31 192. 168. 101. 3 1023 192. 168. 101. 255 1028 510 247 32
3N 79 192. 168. 101. 3 1023 192. 168. 101. 255 1028 656 320 32
# parameters -- part
# streamno -- paramsnum
1P 14
para_name: HOUR_1P
para_unit: unit
para_description: description
para_len: 1
para_samples_per_long_cyl: 16
para_signal_bit_pos: -1
para_shcylno: 0 0 0 0
para_wordno: 3 0 0 0
para_start_bit: 0 0 0 0
para_bitlen: 16 0 0 0
```

地面实时数据处理系统和事后数据处理系统的带头文件格式和现有系统格式完全兼容。

2 软件界面设计

软件界面设计本着友好、简洁的原则, 达到用户不用参照用户手册就能够正确使用软件, 即使出现误操作也有容错处理, 不会因此而造成数据丢失和软件崩溃的后果, 软件界面设计流程图如图 3 所示。

主要用户软件界面设计如图 4 所示, 图 4 中主要是网络数据流中的测试参数采集信息, 包括每个数据流中网络数据包个数、源 IP、源端口号、目的 IP、目的端口号、包 ID、偏移量、校准类型、字长、参数单位等信息^[6], 在右边的格栅点击鼠标右键可以选择对选中的参数格栅信息进行增、删、改操作, 软件在导入机载测试系统提供的格式格栅时, 具有 ARINC429 参数自动识别和定义功能。

实时数据处理参数定义与带头文件生成界面中, 其中所有参数列表中可以显示网络参数也可以显示 PCM 参数, 点击试验树结构中的试验名根节点, 生成带头文件按钮变为有效, 是否要生成 Magali 系统格式的带头文件作为可选项。

校线编辑界面中, 校准曲线录入与编辑模块, 主要进行校

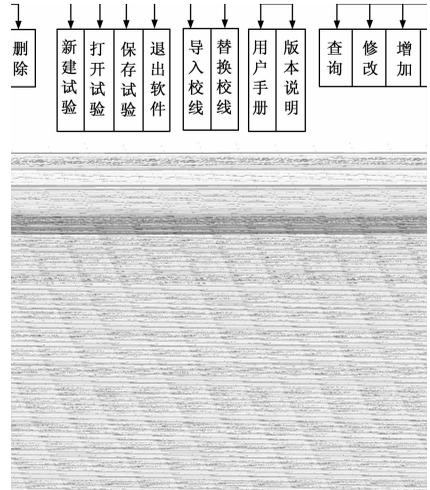


图 3 软件界面设计流程图

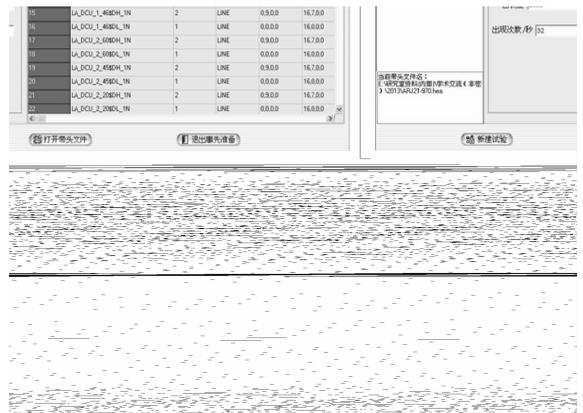


图 4 网络数据流采集信息管理界面

线导入、录入、修改, 包括校准类型、校准数据等都可以进行编辑, 具有新旧带头文件校准信息替换功能, 缩短飞行试验测试任务事先准备周期, 提高工作效率。

3 结束语

飞行试验机载测试信息处理软件是为满足飞行试验机载网络化测试数据实时处理需求而设计开发的, 目前已经投入使用, 软件性能稳定并具有良好的扩展性, 满足了我国新支线飞机 ARJ21 和某大型飞机的飞行试验机载测试数据实时与事后处理需求, 显著提高了试飞数据处理效率, 保证了国家重点型号试飞任务的顺利进行, 该软件也为大客飞机试飞机载测试数据实时处理技术研究打下良好的技术基础。

参考文献:

- [1] 沈毅. 遥测标准和测试方法科研参考文献(上) [M]. 北京: 北京遥测技术研究所, 1996.
- [2] 陈曙光. 飞行器半实物仿真中实时数据管理方案 [J]. 计算机测量与控制, 2013, (1): 227-229.
- [3] David J. Kruglinski. Visual C++ 技术内幕(第 4 版)(修订版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [4] 770 采集器用户手册 [Z]. Herley-Metraplex, 2003.
- [5] 窦延平, 张同珍, 等. 数据结构与算法(C++) [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2005.
- [6] Andrew S. Tanenbaum. computer networks(第 4 版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.