

基于关联 ID 的试飞 FC 总线 ICD 优化设计技术

王建军, 彭国金, 刘曼婷

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 为实现飞行试验航电总线 FC 数据海量 ICD 信息库的优化设计, 从飞机航电总线设计数据库表中提取飞行试验 FC 总线数据分析所需的 ICD 信息, 在关键的算法方面提出了解决方法; 分析了新一代光纤通道航电总线 FC 的飞机设计 ICD 信息的数据结构特点, 以及飞行试验传统航电总线 ICD 库的结构设计技术, 针对新形势下的海量飞机设计航电总线 FC 的 ICD 信息的多重复杂结构, 借鉴了飞行试验传统航电总线 ICD 库设计思想中成熟的四层结构技术, 设计了飞行试验海量 FC 总线关联 ID 的 ICD 库设计技术, 实现了飞行试验 FC 总线海量 ICD 信息的优化设计, 最后在某试验机航电系统飞行试验中进行了应用, 试验表明 FC 总线 ICD 优化设计技术满足海量 FC 数据的高效数据处理的需求。

关键词: 飞行试验; ICD 文件; 多重结构; 关联 ID

Flight Test FC Bus ICD Optimization Design Technology Research Based on Correlation ID

Wang Jianjun, Peng Guojin, Liu Manting

(Chinese Flight Establishment of AVIC, Xi'an 710089, China)

Abstract: In order to realize the reasonable organization and optimization design of the flight test FC ICD information, extracting the ICD information from the flight test data analysis of the FC bus in the database table of aircraft design, the key algorithms are proposed in this paper. we analyze the data structure of the ICD information of the new generation optical fiber channel FC, and the structure of the traditional bus ICD information. In view of the multiple structure of FC bus ICD, drawing on the mature technology of the four layer structure of the traditional bus ICD, FC bus correlation ID ICD information optimization design technology is designed. The reasonable organization and management of the FC bus ICD information is realized. In the end, it was used in the flight test of a test machine, which satisfies the requirement of the high efficient data processing of the massive FC data.

Keywords: flight test; interface control file; multiple structure; correlation ID

0 引言

随着现代飞机设计技术的发展, 在航空总线技术上网络化技术逐渐取代传统的航空总线, 光纤通道总线 FC 正逐步应用于现代飞机, FC 总线在速度、通信方式、信息类型等方面相较于传统的 1553B 总线都有很大的提升, 其传输速度高度 2 Gb/s, 总线传输速率有了极大的提高, 是传统航电总线 1553B 的 2 000 倍。

飞机设计 ICD 信息数据库即飞机航电系统接口信息控制数据库, 该数据库描述了航电总线系统中各航电子系统发送和接收的所有消息块信息。各航电子系统的 ICD 在同一的标准规范下设计, 并最终由飞机设计单位进行集成为一个统一的飞机设计 ICD 信息数据库。对飞行试验数据处理而言, 从庞杂的飞机设计 ICD 信息数据库中获得试验机的飞行试验数据处理所需的相关 ICD 信息, 并对该 ICD 信息进行分析 and 归纳, 使之成为适合飞行试验数据处理需要的 ICD 试飞数据库信息, ICD 试飞数据库的设计会对后期的试飞 FC 总线数据分析有着重要的作用, 特别是在海量试飞 FC 数据的高效处理方面, 这

些 ICD 试飞数据库信息是飞行试验^[1]对航电总线各消息块进行解析、处理的依据。因此, ICD 试飞数据库信息的分析和处理是飞行试验航电总线数据处理的重要依据, ICD 试飞数据库设计技术也是飞行试验航电总线数据处理的重要内容之一。

在传统的 1553B 航电总线中, 受传输速率和总线标准的限制, ICD 试飞数据库信息由飞机设计单位直接归纳并提供, 且仅有几千条, 随着新一代航电总线 FC^[2-3]技术的应用推广, 无论是传输速率, 还是信息类型都有了根本性的变化, 随之而来的是, ICD 试飞数据库信息也由几千条激增至数万条, 甚至高达数十万条。传统的 ICD 试飞数据库信息设计技术已经不能满足现代飞行试验总线数据处理的需求, 海量的 FC 总线 ICD 试飞数据库信息优化设计成为新形势下飞行试验必须解决的实际问题。

1 传统航电总线 ICD 试飞数据库设计技术

1.1 传统航电总线 ICD 试飞数据库信息特点

1553B 总线技术在我国航空产品中的广泛使用, 每个总线数据字由 20 位组成, 受传输速率小于 1Mbps 的限制, 终端数和每个终端的消息数均有限, 同时每个消息最多只有 32 个信号, 每个信号最多只有 32 个元素, 故 1553B 航电总线的 ICD 信息量最多仅几千条。

传统 1553B 总线 ICD 试飞数据库信息具有如下特点:

1) 采用了四层结构: 消息、信号、元素、字段, 如图 1 所示, 其结构清晰, 成为传统航电总线飞行试验的 ICD 数据

收稿日期: 2015-10-27; 修回日期: 2015-11-20。

基金项目: 国防基础科研项目(A0520132031); 十二五航空支撑技术项目(61901090304)。

作者简介: 王建军(1971-), 男, 陕西杨凌人, 硕士, 研究员, 主要从事研究试飞测试与数据分析技术方向的研究。

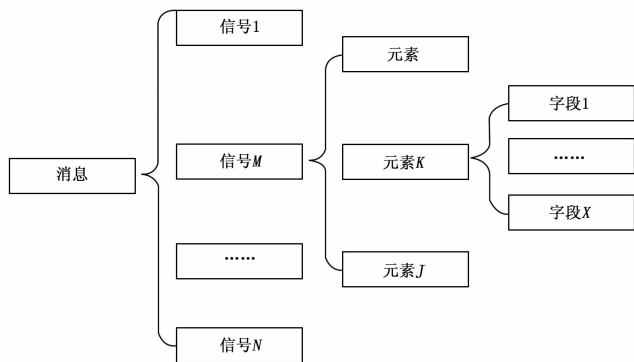


图 1 传统总线 ICD 结构

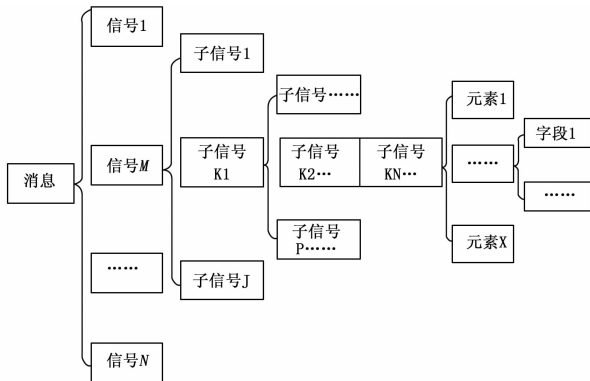


图 3 FC 总线 ICD 结构

结构;

2) 受传输速率及协议的限制, 一个试验飞机仅包含 ICD 信息为几千条;

3) 一般采用表格的文件方式进行传递。

1.2 传统航电总线 ICD 试飞数据库设计

传统的 1553B 航电总线中, 一般设计单位提供的飞机设计 ICD 信息文件都是比较零散的, 其 ICD 结构也较为简单, 试飞数据处理工程师通过简单沟通就可以明白其结构和内容, 通过试飞数据处理工程师人工查看, 就可以进行分析处理, 并最终在 1553B 总线数据处理软件中, 对飞机设计 ICD 信息按照子系统 (RT) 进行了整理, 每个 RT 建立一套单独的数据库表 (共 5 个表), 各表通过关键字段进行关联, 通过这种结构就可以完成航电总线 ICD 试飞数据库的设计。同时, 为了能有有效的对这些 ICD 信息进行管理和组织, 一般对其进行人工整理, 可以满足飞行试验数据处理^[4-7]需求。

2 FC 航电总线 ICD 试飞数据库设计新思路

2.1 FC 总线数据结构

新型航电总线 FC 协议的基本单元, 数据负载长度即消息长度从 0~2 112 字节, 如图 2 所示。相对于传统航电总线 1553B 每条消息最多只有 32 个信号, 新形势下的 FC 总线消息最多可以有 528 个信号, 故 FC 总线的飞机设计 ICD 信息也相应成数百倍增长, 飞机设计 ICD 数据库信息的结构也就更为复杂。

SOF	帧头	数据字段 (2112 字节)	CRC	EOF
-----	----	----------------	-----	-----

图 2 FC 总线帧结构

2.2 FC 总线飞机设计 ICD 信息特点

由于 FC 总线飞机设计 ICD 信息高达数万条, 主机所采用了可扩展置标语言 XML, 和传统总线飞机设计 ICD 结构有了不同, 在传统航电总线结构中的信号这块, FC 总线的飞机设计 ICD 设计采用了信号嵌套子信号, 子信号嵌套子信号的模式, 信号这一层结构有了更本性的变化, 同时更加复杂, 其结构如图 3 所示。

FC 总线飞机设计 ICD 信息管理具有如下特点:

- 1) 具有数十层数据结构;
- 2) 一个试验飞机包含 ICD 信息为数万条;

3) 一般采用可扩展置标语言 XML 方式进行传递。

在飞机设计 ICD 中, 一个 FC 总线消息下可以包括 N 多个信号, 一个信号下可以包括 N 多个子信号, 而一个子信号下又可以包括 N 多个子信号, 子信号可以不停嵌套子信号, 最后每个子信号可以包括 N 多个元素。相较于传统航电总线的四层结构, FC 总线飞机设计 ICD 数据结构就变得更为复杂, 从理论上来说, 层级可以高达数百层, 传统的飞行试验航电总线 ICD 试飞数据库设计方式已经不能对海量 FC 总线 ICD 信息进行有效的管理, 必须采用新的设计方法对新形势下海量 FC 总线飞机设计 ICD 信息进行分析, 以获得满足飞行试验总线高效总线数据分析的总线试飞 ICD 信息, 以及设计合理的航电总线 ICD 试飞数据库。

2.3 海量 FC 总线 ICD 试飞数据库设计新思路

传统的航电总线 ICD 设计方法已经不能满足 FC 总线飞行试验数据处理的需求, 同时 ICD 信息的合理组织管理是实现飞行试验海量航电总线数据高效分析的前提。为试飞工程师更好地理解、查询、浏览 FC 总线 ICD 带来便捷, 同时也为海量飞行试验 FC 总线数据处理打下基础, 针对 FC 总线飞机设计的 ICD 信息结构特点, 分析 FC 总线 ICD 信息的关联性, 并将之归纳为传统的飞行试验总线四层结构。

3 基于关联 ID 的试飞 ICD 数据库设计关键技术

3.1 FC 总线的试飞 ICD 数据库传统四层结构设计

对比传统航电总线的飞机设计 ICD 信息结构和 FC 总线的飞机设计 ICD 信息结构, 我们可以看到, FC 的 ICD 信息的信息、元素、字段均和传统航电总线 ICD 信息一致, 仅在信号这一部分有差别。为了合理组织管理 FC 总线的 ICD 试飞数据库信息, 同时对软件设计来说, 四层结构对数据处理效率提升也具有帮助。针对 FC 总线飞机设计 ICD 子信号块进行分析, 将多层子信号及其包含的元素归纳成相应的多个三级元素即可实现 ICD 试飞数据库信息的四层管理架构。

对 FC 总线的飞机设计 ICD 信息中的信号结构进行分析, 信号和子信号之间具有严格的对应关系, 如图 3 所示:

1) 消息包含 N 个信号, 为了便于试飞工程师对信号的处理和分析, 所以这两层不做更改, 即第一层为消息, 第二层为该消息包含的信号;

2) 其中信号 M 包含 J 个子信号, 其中子信号 $K1$ 包含 P 个子信号, 以此一层一层包含, 直到最后包含到元素, 即第三层为多层子信号及其元素;

3) 第四层即为各元素的字段定义。

3.2 试飞 ICD 数据库子信号关联 ID 设计

以图 3 为例, 对信号 M, 假设它的信号 ID 为 SigalID, 对该信号中的子信号及元素进行分析、归纳:

1) 信号 M 分解为子信号 M1, …… , 子信号 MJ, 以此按层级结构分解到最后元素层, 元素依次被标记元素 ID 为 SigalID00X, 其中 X 为递增变量, 一个元素 ID 代表了信号 M 中的一个具体的元素;

2) 经过分解后, 以元素层的元素为对象, 即信号 M 最终包含了众多的元素, 分解后的 ICD 结构如图 4 所示。

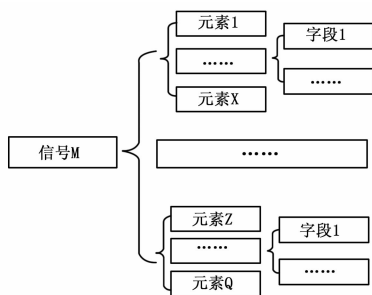


图 4 关联 ID 的信号结构

3) 通过以上步骤我们即把多层 ICD 结构通过关联 ID 归纳为传统的四层结构。

3.3 试飞 ICD 数据库子信号关键信息关联设计

在我们将多层子信号归纳为元素级之后, 子信号和子信号之间的关联信息, 以及子信号和元素之间的关联信息在结构上没有了, 但是我们还关心这些信息, 对此, 我们在元素的名称和元素标识符命名中将这信息进行归纳, 如图 4 所示:

1) 假设元素 1 的名称为 EleName1, 元素 1 和信号 M 之间有 K 个子信号, 子信号的名称依次为 SigleNameK, 那么该元素归纳后的名称被重新命名为: SigleName1 _ SigleName2 _ … _ EleName1;

2) 假设元素 1 的标识符为 EleBID1, 元素 1 和信号 M 之间有 K 个子信号, 子信号的标识符依次为 SigleBIDK, 那么该元素归纳后的标识符被重新命名为: SigleBID1 _ SigleBID2 _ … _ EleBID1。

通过元素名称和标识符, 我们就可以知道元素的子信号层级关系。

对元素在信号 M 中的位置信息 Ele_offset 也是我们最为关心的信息, 假设元素 1 的在最后的子信号中的位置为 offset1, 元素 1 和信号 M 之间有 K 个子信号, 我们在子信号的层级关系中, 可以知道每一层子信号在上一次子信号中的位置 offsetK, 那么元素 1 归纳后在信号 M 中的位置 MEle_offset 应该为:

$$MEle_offset = \sum_{i=1}^k offset_i + Ele_offset$$

其中: t 为变量, 从 1 到 K。

4 飞行试验应用与测试

通过关联 ID 的试飞 FC 总线 ICD 优化设计, 完成了对庞杂飞机设计 ICD 数据库提取飞行试验航电总线数据处理所需的试飞 ICD 总线信息, 并采用了四次传统结构进行了数据库设计, 使用 C++ 语言开发了 FC 总线数据 ICD 管理软件。在

某试验机上, 在飞机的航电系统总线构架技术上采用了 FC 航电总线技术取代传统的 1553B 总线技术, 试验机各任务航电子系统通过 FC 通信交换机进行任务消息传递及通信。应用该软件对该试验机测试的 FC 总线数据 ICD 信息进行管理, 也为 FC 总线数据处理直接提供数据库基础服务, 结合 FC 数据处理软件对试验机^[8]总线数据进行处理, 其计算结果如图 5 所示。

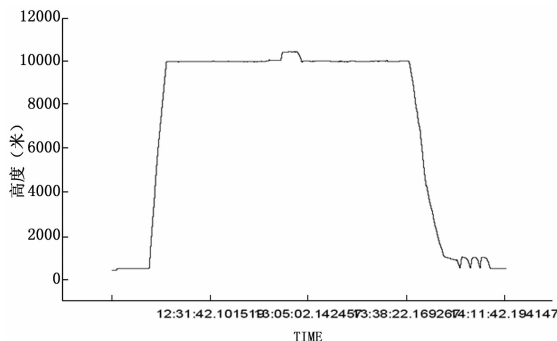


图 5 某试验机 FC 总线气压高度参数计算结果

分析结果表明: 采用关联 ID 的 ICD 试飞数据库设计算法正确, 数据结果处理准确。

基于以上算法开发的飞行试验 FC 数据 ICD 数据库软件已在多个试验机飞行试验中推广使用。

5 结束语

本文对航电总线的飞机设计及飞行试验 ICD 信息数据结构进行了分析, 介绍了传统的航电总线 ICD 试飞数据库设计技术, 对新型航电总线 FC 的飞机设计 ICD 结构进行了分析, 结合传统的航电总线试飞数据库信息四层结构, 提出了基于关联 ID 的海量 ICD 试飞数据库设计的新方法及关键技术的实现, 最后设计完成了 FC 总线 ICD 试飞数据库软件, 结合 FC 数据处理软件对飞行试验中采集的 FC 数据进行分析处理, 使用这些算法的 ICD 试飞数据库软件满足了飞行试验海量 FC 总线数据处理的需求。

参考文献:

- [1] 白效贤. 试飞测试技术的现状与发展 [J]. 测控技术, 2004, 23 (10): 1-2.
- [2] Fibre Channel: Framing and signaling [C]. New York: American Notional Standards Institute, 2003.
- [3] Fibre Channel Avionics Environment - Anonymous Subscriber Messaging (ASM) / Ammendment 1 [Z]. INCITST11/08 - 013v1, 2008.
- [4] 董大伟, 周宇江, 郭楹. 军用总线发展趋势研究 [J]. 电子技术应用, 2015 (7): 7-10.
- [5] 唐宁, 常青. 航空数据总线技术分析研究 [J]. 现代电子技术, 2014, 37 (4): 64-69.
- [6] 马萌. 航空专用数据总线技术研究 [J]. 数字技术与应用, 2013 (10): 61-63.
- [7] 郭王玉, 翟正军. 基于 FC-AE-ASM 的图像采集系统的设计实现 [J]. 测控技术, 2014, 33 (5): 43-46.
- [8] 郑小兵, 翟正军, 任岚昆. FC-AE 网络数据发送调度算法的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (2): 467-469.