

引用格式:许舒晨,孙永荣,冯悦,等. ARINC661 座舱显示系统离线检测技术研究[J]. 电光与控制,2019,26(5):77-80,89. XU S C, SUN Y R, FENG Y, et al. On ARINC661 cockpit display system offline detection technology[J]. Electronics Optics & Control, 2019, 26(5):77-80, 89.

## ARINC661 座舱显示系统离线检测技术研究

许舒晨, 孙永荣, 冯悦, 赵伟, 赵科东  
(南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016)

**摘要:** 针对 ARINC661 规范下 UA 与 CDS 之间数据交互量大、传输周期短, 实时监控过程中难以全面、细致地分析指令的问题, 研究了座舱显示系统离线检测技术, 设计了环形数据批量存储、仿真 UA、异常定位等方法, 可以在离线环境下重现指令交互过程。测试结果表明, 该设计合理、运行可靠, 可以在离线环境下检测交互指令。

**关键词:** 座舱显示系统; 离线检测技术; ARINC661; 环形数据批量存储; 仿真 UA; 异常定位

**中图分类号:** V241 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2019.05.015

## On ARINC661 Cockpit Display System Offline Detection Technology

XU Shu-chen, SUN Yong-rong, FENG Yue, ZHAO Wei, ZHAO Ke-dong

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** In the ARINC661 specification, there is a large amount of data interaction between UA and CDS with short transmission period, and it is difficult to comprehensively and meticulously analyze the instructions in real-time monitoring process. To solve the problems, we studied the offline detection technology of the cockpit display system, and designed such methods as ring data batch storage, simulation UA, and anomaly positioning, which can reproduce the instruction interaction process in an offline environment. The test results showed that the design is reasonable, reliable, and can detect interactive commands in an offline environment.

**Key words:** cockpit display system; offline detection technology; ARINC661; ring data batch storage; simulation UA; anomaly positioning

### 0 引言

在航空电子系统综合化发展大趋势下, 机载显示系统内的高度集成显示器互相协调, 从而提高系统可靠性<sup>[1]</sup>。随着飞机座舱显示系统开放性要求不断提高, 座舱显示系统的开发和维护变得越来越困难<sup>[2]</sup>, 这种形势下, 美国航空无线电协会于 2001 年提出了 ARINC661 规范, 其中定义了 CDS(Cockpit Display System)和 UA(User Application)之间的接口<sup>[3-5]</sup>, 解除了显示系统逻辑处理和图形显示的耦合关系, 逐步成为飞机座舱显示系统的行业标准<sup>[6]</sup>。

目前, 对于座舱显示系统交互指令的检测主要是在实时监控环节, 检测效率低、漏查率高。本文基于 ARIN-

C661 规范中 UA 与 CDS 之间的指令交互过程, 研究了离线检测技术, 在实时监测时以环形方式批量存储指令, 在离线环境下通过仿真 UA 重现指令交互过程, 自动定位异常, 帮助用户完成检测工作。

### 1 ARINC661 指令交互机制研究

ARINC661 规范下, UA 与 CDS 在动态运行阶段进行数据交互<sup>[7]</sup>。

UA 向 CDS 发送指令, 改变其窗体部件的参数, 进而更新显示画面<sup>[8]</sup>, 指令的来源一般是: 1) UA 对于某参数的要求产生了变化, CDS 据此变化刷新画面; 2) 响应 CDS 发送的窗体部件事件。

CDS 向 UA 发送指令, 报告飞行员的操作事件, 通信内容一般是: 1) 向 UA 报告相关窗体部件的事件; 2) 向 UA 报告运行时的异常或错误。

CDS 发送给 UA 的指令数据是基于事件的, UA 传输到 CDS 的指令数据是响应事件的。它们之间的通

收稿日期: 2018-05-10

修回日期: 2019-04-08

基金项目: 江苏省产学研前瞻性联合研究基金(BY203003-02)

作者简介: 许舒晨(1995—), 男, 江苏南通人, 硕士生, 研究方向为航空机载电子。

信以一种问答机制来实现,是异步的。初始化阶段,UA 根据当前飞机的显示状态生成激活指令,将其发送给 CDS 激活相应的层,CDS 激活完成后通报 UA,同时自身进入等待状态。UA 调整内部的逻辑参数,并发送层可见指令给 CDS 来启动画面显示,此时没有事件,没有指令反馈到 UA。动态逻辑交互过程中,UA 周期性地打包、发送指令,CDS 按时间顺序接收、解析指令,周期性刷新界面。若飞行员进行了事件操作,CDS 向 UA 发送事件指令<sup>[9]</sup>,UA 在下一包数据中回复相应的运行指令,从而实现异步通信,动态控制。

## 2 CDS 离线检测关键技术研究

### 2.1 离线检测方案

实时监控过程中,座舱显示系统各个子系统功能 UA 与 4 台显示器同时进行数据交互,数据具有传输量大、传输周期短、传输时间精度高等特点<sup>[10]</sup>,用户往往没有足够时间全面、细致地分析指令,只能在离线环境下反复回放进行检测分析。针对此问题,本文设计了一种离线检测实现方案,如图 1 所示。

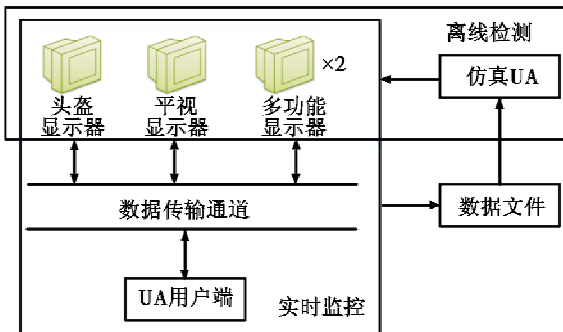


图 1 离线检测方案图

Fig. 1 Diagram of offline testing program

在实时监控过程中采集数据,存入指令数据文件。在离线环境下,利用本文设计的仿真 UA 调用数据文件中的指令数据,模拟 UA 与 CDS 之间的动态交互过程,重现真实指令交互过程,从而在离线情况下完成对指令的检测。

### 2.2 环形数据批量存储技术研究

指令高速交互过程中,数据传输量大、传输周期短。传统的指令存储方式使用处理单元将采集到的指令数据记录逐条存入文件中,存储效率低下,易造成丢包现象,继而造成仿真画面内容缺失<sup>[11]</sup>。本文研究了图 2 所示数据批量存储技术,将指令数据记录缓存在数据表中,再从数据表中批量存储到数据文件中,提高了存储效率,杜绝了丢包现象。

实时监控过程中,用户根据需求存储交互指令,需要的存储空间是不定的;离线检测过程中,用户为进行

细致的分析,对某段交互过程进行回放的次数也是不定的。针对这两点,本文研究了环形数据存储技术,将数据以环形结构存储,不仅可以节约存储空间,还可以自动循环回放,方便用户进行分析检测。

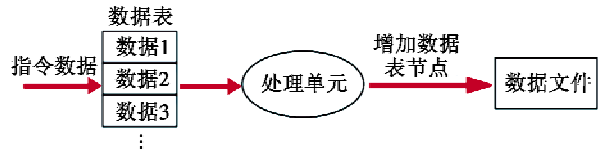


图 2 数据批量存储示意图

Fig. 2 Batch data storage

本文给每一条指令添加了尾节点,每一条指令结构由数据部分和尾节点指针组成。将第一条指令称为初始指令,其尾节点指针指向自身数据部分,每加入一条新的指令,便将前一条指令的尾节点指针指向新指令的数据部分,新指令的尾节点指针指向初始指令的数据部分。如此循环往复,直到用户停止存储,为了方便说明,将最后一条存入的指令称为末尾指令。按此方法存储,最终形成如图 3 所示的环形结构。

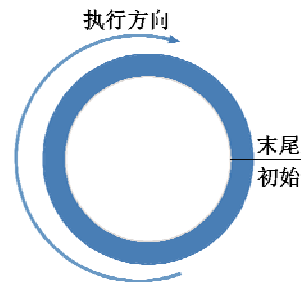


图 3 环形存储方式示意图

Fig. 3 Ring-form storage diagram

此环形结构通过指针将指令按序存放,同时末尾指令与初始指令相连,用户回放至末尾指令时,自动接入下一次回放的初始指令,从而实现循环回放。

### 2.3 仿真 UA 关键技术研究

#### 2.3.1 逻辑模拟技术

获取指令记录集之后,仿真 UA 调用记录集里面的 UA 参数设置指令和 CDS 事件指令来模拟真实交互逻辑。UA 向 CDS 发送的参数设置命令只有在图层处于激活状态下才有效,因此,仿真 UA 模拟真实 UA 逻辑,即模拟其对图层激活状态的管理<sup>[12]</sup>。在多 UA 和多 CDS 的情况下,需分别管理它们的逻辑。

对于每个独立的 UA,本文都设计了其专属二维表来管理图层激活状态,以具有 4 个图层的 UA 为例,其图层可以在 4 个 CDS 中被激活,对应的二维表是 4 × 4 的,如表 1 所示,其中,1 表示已激活,0 表示未激活。

仿真 UA 获取指令记录集后,依次读取每条指令记录。如果是 UA 请求指令,向 CDS 发送此指令;如果是图层激活指令,根据指令内容修改相应图层的激活

状态二维表;如果是参数设置命令,先读取二维表来判断图层的状态,若图层处于激活状态,发送该指令。

表1 图层激活状态二维表

Table 1 Two-dimensional table of layer activation status

	图层 L1	图层 L2	图层 L3	图层 L4
CDS_1	1	1	0	1
CDS_2	1	0	1	1
CDS_3	0	0	0	1
CDS_4	1	1	1	0

2.3.2 时间还原技术研究

模拟真实 UA 逻辑功能后,仿真 UA 要以时间的先后为标准,按序向 CDS 发送指令。数据文件按时间的先后顺序采集、存储指令数据,同时给每条指令附加时间信息,其中的数据本身具有时间规律,仿真 UA 只需按序读取,依据时间信息进行相应的时间延迟,发出的指令便与真实指令时间一致。图4所示为动态发送指令流程,其中省去了交互逻辑管理。

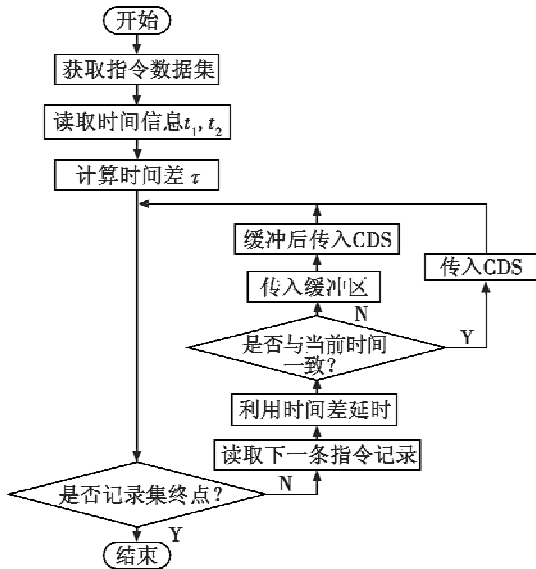


图4 动态发送指令流程图

Fig.4 Flow chart of dynamic instruction transmission

获取指令数据集后,读取上面的初始时间  $t_1$  和当前时间  $t_2$ , 计算时间差  $\tau$ 。之后读取每一条指令时,均用  $\tau$  对其上的时间信息进行延时,与当前时间一致的传输到 CDS 显示,不一致的存入缓冲区待显示。

2.4 异常定位技术研究

离线情况下,如果回放画面与期望的不同,研究人员一般通过查看数据源码来检查错误指令。这种检查方式不仅费时伤神,还容易漏查存在的异常,本文设计通过 CListCtrl 类像表格一样展示每条数据,设计指令块列表和指令序列列表,分别如表2、表3所示。

表2 指令块列表

Table 2 Instruction block list

时间/(m;s;ms_μs)	显示器	数据包大小/Byte	UA	图层
29:46:166_185	3	940	1	3
29:46:166_185	3	1068	1	1
29:46:166_185	3	424	2	1
29:46:166_185	3	440	3	1
29:46:166_185	3	32	6	1

本文研究了离线检测异常定位技术,设计了异常判断函数 `errorgaoliang1` 和 `errorgaoliang2`, 预先建立错误库,不仅封装了常见的指令错误,还包含本文推测可能发生的指令错误,分别用来循环判断指令块列表和指令序列列表内数据的正确与否。运行 `errorgaoliang1` 和 `errorgaoliang2` 时,从接口依次读取列表数据的行号、指令类型和指令值,将指令类型和指令值与事先建立的数据库对比,若正确,不做处理;若错误,将行号存入错误行号数组,在显示时统一高亮。

图5为异常定位流程。获取指令记录集后,读取指定单元格内的数据,根据其所属的列表分别调用相应的异常判断函数 `errorgaoliang1` 和 `errorgaoliang2`。若错误,读取该单元格所属的行号,存入错误行号数组;若正确,则继续读取下一单元格数据,判断下一条指令记录,如此循环往复,直到指令集终点。

表3 指令序列列表

Table 3 Instruction sequence list

类型	数据包大小/Byte	窗体部件	参数	参数值
A661_CMD_SET_PARA...	4	1:地图基本容器	A661_VISIBLE	1
A661_CMD_SET_PARA...	8	2:MapHorz	A661_SCREEN_RANGE	150
A661_CMD_SET_PARA...	12	2:MapHorz	A661_PRP_SCREEN_XY	(12 700,6000)
A661_CMD_SET_PARA...	8	2:MapHorz	A661_ORIENTATION	0
A661_CMD_SET_PARA...	4	3:MapHorz_Source	A661_EVENT_FLAG	0
A661_CMD_SET_PARA...	4	4:MapHorz_ItemList	A661_VISIBLE	1

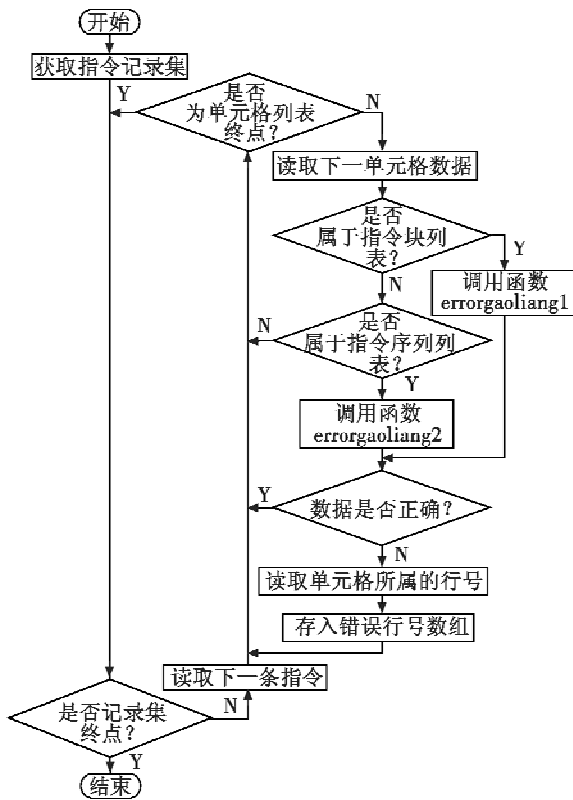


图 5 异常定位流程示意图

Fig. 5 Schematic diagram of anomaly positioning process

### 3 功能实例测试

离线检测技术实现了对历史数据交互过程的重现,是事后分析的重要手段。对 2017 年 11 月 28 日的某段数据进行离线检测,在函数 errorgaoliang1 和函数 errorgaoliang2 中分别将传递给 2 号 CDS 的指令记录和指令大小为 4 的指令定义为异常,在点击“启动”按钮之后,指令块列表结果如表 4 所示,指令序列列表部分结果如表 5 所示。

表 4 指令块列表结果

Table 4 Result of instruction block list

时间/(m:s.ms_μs)	显示器	数据包大小/Byte	UA	图层
29:40:613_197	3	88	17	1
29:40:651_995	2	232	18	2
29:40:651_995	2	444	1	7

经过测试,本文研究的 ARINC661 座舱显示系统离线检测系统能够重现某一时间段指令交互过程,并对其中存在的异常进行定位。

表 5 指令序列列表结果

Table 5 Result of instruction sequence list

类型	数据包大小/Byte	窗体部件	参数	参数值
A661_CMD_SET_PARA...	4	3:风速	A661_VISIBLE	1
A661_CMD_SET_PARA...	8	3:风速	A661_STRING	278
A661_CMD_SET_PARA...	8	5:距离量	A661_STRING	180
A661_CMD_SET_PARA...	4	56:距离	A661_VISIBLE	0

### 4 结束语

在 ARINC661 规范中,UA 与 CDS 之间的动态交互指令尤为重要,本文详细介绍了座舱显示系统离线检测功能的实现方法;研究了环形数据批量存储技术,提高了存储效率,节约了存储空间,实现了交互过程的自动循环回放;研究了仿真 UA 技术,在离线情况下使用仿真 UA 与 CDS 进行指令交互,重现指令数据交互过程;研究了异常定位技术,提高研究人员检测效率。经过测试与验证,实际使用情况良好,可以在离线情况下顺利完成对指令数据的检测。

### 参考文献

- [1] 易子淳. 基于 A661 的一种典型民用飞机驾驶舱显示管理研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2017 (4): 126-128.
- [2] 高忠杰, 胡潇. 基于 ARINC661 的通用图符显示管理软件性能优化[J]. 航空电子技术, 2012, 43 (4): 31-33, 53.
- [3] 崔诗娴. 基于 ARINC661 协议的 DF 文件验证方法[J]. 计算机系统应用, 2018, 27 (2): 117-124.
- [4] 季丽, 孙永荣, 周晓达, 等. ARINC661 符号设计器研究与实现[J]. 航空计算技术, 2016, 46 (4): 95-98.
- [5] 刘江. 基于 FPGA 的多通道 HB6096 航空总线接口设计[J]. 电讯技术, 2012, 52 (12): 1984-1989.
- [6] 丁毅, 王辉, 马慧芳. 符合 ARINC661 规范的 DF 文件生成技术的研究与应用[J]. 航空电子技术, 2014, 45 (3): 46-51.
- [7] 冯悦, 孙永荣, 赵科东, 等. ARINC661 座舱显示总线数据过滤技术研究[J]. 电光与控制, 2017, 24 (12): 47-50.

(下转第 89 页)

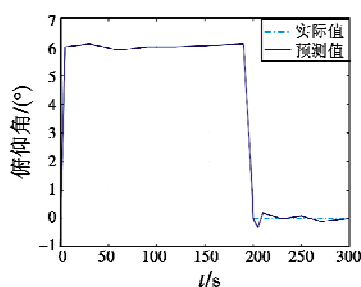


图3 卡死0°处故障诊断

Fig. 3 Fault diagnosis of being stuck at 0°

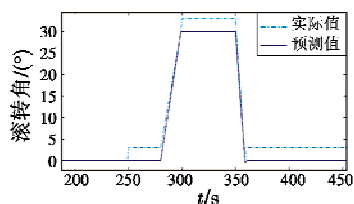


图4 3°恒偏差故障诊断

Fig. 4 Fault diagnosis of 3° constant deviation

及时检测出传感器故障发生的时刻,证明了该方法的可靠性和准确性。

## 5 结束语

本文针对网络控制系统的时延预测问题,提出一种组合预测模型方法,通过求取两种模型最佳的组合权重系数达到最佳的预测模型,仿真实验表明了本文方法较其他方法具有更高的预测精度,并且能有效地进行无人机传感器的故障诊断。

## 参考文献

- [1] 李斌,章卫国,宁东方,等. 基于神经网络信息融合的智能故障诊断方法[J]. 计算机仿真, 2008, 25(6): 35-37, 58.
- [2] 周星宇,李春涛,姚瑞,等. 无人机飞行控制软件负荷均衡策略设计[J]. 电光与控制, 2018, 25(6): 25-30.
- [3] KU W F, STORER R H, GEORGAKIS C. Disturbance detection and isolation by dynamic principal component analysis [J]. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 1995 (30) :179-196.
- [4] 杜大军,费敏锐,宋杨,等. 网络控制系统的简要回顾及展望[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(3) :713-720.
- [5] HU T J, HUANG X X, TAN Q. Time delay prediction for space teleoperation based on non-Gaussian auto-regressive model [C]//*Proceedings of International Conference on Modeling, Identification and Control*, 2012 :567-572.
- [6] 时维国,邵诚,孙正阳. 基于 AR 模型时延预测的改进 GPC 网络控制算法[J]. 控制与决策, 2012, 27(3) : 477-480.
- [7] YANG M, RU J, LI X R, et al. Predicting internet end-to-end delay: a multiple-model approach [C]//*The 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, 2005 :2815-2819.
- [8] 宋杨,涂小敏,费敏锐. 基于 FARIMA 模型的 Internet 时延预测[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(4) :757-763.
- [9] LI H Y, WANG H, CHAO G. Internet time-delay prediction based on autoregressive and neural network model [C]//*International Conference on Communications, Circuits and Systems*, 2006 :1758-1761.
- [10] RAHMANI B, MARKAZI A H D, MOZAYANI N. Real time prediction of time delays in a networked control system [C]//*The 3rd International Symposium on Communications, Control and Signal Processing*, 2008 :1242-1245.
- [11] 李春茂,肖建,张玥. 网络控制系统的时延估计和自适应预测控制[J]. 西南交通大学学报, 2007, 42(2) : 175-180.
- [12] FU X H, FU X. A predictive algorithm for time delay internet network [C]//*IEEE International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)*, 2011 : 666-669.
- [8] 赵科东,孙永荣,周晓达,等. ARINC661 目标符号显控方式的研究与设计[J]. 电光与控制, 2017, 24(10) :59-63.
- [9] 郑澄,孙永荣,王晖,等. 基于 ARINC661 的触摸屏显控系统研究与设计[J]. 电光与控制, 2015, 22(4) :62-65, 69.
- [10] 叶中脉. 航电仿真系统接口监控软件的设计与实现 [D]. 成都:电子科技大学, 2012.
- [11] 王达,孙永荣,王岩,等. ARINC661 座舱显示系统通信数据监控存储分析软件的设计[J]. 航空计算技术, 2014, 44(2) :110-113, 117.
- [12] 李笑瑜,孙永荣,赵科东. ARINC661 多显示器座舱系统中的 UA 画面处理技术[J]. 电光与控制, 2018, 25(6) :95-97, 114.

(上接第 80 页)