

## 基于 ARINC661 的触摸屏显控系统研究与设计

郑澄<sup>1</sup>, 孙永荣<sup>1</sup>, 王晖<sup>1</sup>, 李伟<sup>2</sup>, 王勇<sup>2</sup>

(1. 南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016; 2. 中航工业雷达与电子设备研究院, 江苏 苏州 215000)

**摘要:** 随着综合化航空电子系统的飞速发展, 座舱显示的人机工效要求不断提高, 触敏显示屏作为一种重要显控设备被运用于座舱环境中。基于 ARINC661 规范, 结合显示屏触敏功能, 研究设计了一套用于飞机座舱的触摸屏显控系统, 提出了一种局部画面区域随屏幕触点实时移动的设计与实现方法。利用 ARINC661 规范中定义的窗体部件, 通过 UA 和 CDS 内核间指令交互, 在触摸敏感的显示器上实现局部画面区域跟随触摸点实时移动的功能, 使飞行员对座舱显示画面的控制更加方便高效。

**关键词:** 航空电子系统; 座舱显控系统; ARINC661; 触摸屏; 定义文件

**中图分类号:** V241 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)04-0062-04

## Design of a ARINC661 Based Display and Control System with Touch Screen

ZHENG Cheng<sup>1</sup>, SUN Yong-rong<sup>1</sup>, WANG Hui<sup>1</sup>, LI Wei<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>2</sup>

(1. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. The Rader & Avionics Institute, AVIC, Suzhou 215000, China)

**Abstract:** With the rapid development of avionic system, the demands of ergonomic on cockpit display system are intensifying. As an important display device, touch screen has been used in cockpit display and control system. On the basis of ARINC661 specification, a display and control system with touch screen was developed. A method that can make partial areas of a picture move with a screen contact in real time was proposed and realized. This method used widgets defined in ARINC661 specification and realized its function through interactive instructions between UA and CDS. It makes the cockpit display control more convenient and efficient.

**Key words:** avionic system; cockpit display and control system; ARINC661; touch screen; definition file

### 0 引言

随着综合航电系统的迅速发展, 作为航电系统中重要组成部分的座舱显示系统也向着开放式构架发展, 为适应这种发展趋势, ARINC661 规范<sup>[1]</sup>应运而生, 并得到了迅速发展。该规范将座舱显示系统(Cockpit Display System, CDS)的画面生成功能与用户应用(User Application, UA)的逻辑功能相隔离<sup>[2]</sup>, 并为两者提供了标准化的接口。

基于 ARINC661 的座舱显控系统, 其 CDS 内核具有很好的通用性和扩展性。在开发阶段, 设计人员只

需根据飞行员操作手册, 设计定义文件(Definition File, DF)和对应的 UA 逻辑, 即可实现对画面的控制和管理, 大大缩短了开发周期, 节约开发成本, 具有重要意义。

飞机座舱显控系统采用物理按键(如显示器周边键)实现人机交互, 在设计显控画面时, 按键的设置数目及显示位置受到很大限制, 且物理按键在不同显示状态下具有不同含义, 功能设计上也有较大局限性。随着电阻式、电容式、红外式等多种类型触摸屏的发展, 具有触敏功能的新型综合显示控制器在飞机座舱中得到了应用, 它集显示与控制功能于一体, 实现了按键和开关的虚拟化, 使座舱显控画面的设计变得灵活, 飞行员在进行人机交互时, 操作也更加直观、高效。

本文基于 ARINC661 规范, 结合显示屏触敏功能, 研究设计了一套用于飞机座舱的触摸屏显控系统, 并提出了一种在显示器上实现局部画面区域随屏幕触点

实时移动的方法,使基于 ARINC661 的座舱显示画面控制更加方便高效。

## 1 触摸屏显控系统总体框架

### 1.1 基于 ARINC661 的座舱显控系统功能简介

基于 ARINC661 的座舱显控系统可分为 CDS 和 UA 两个部分。CDS 负责实现座舱显示画面的生成功能,同时为外部输入设备提供数据接口,接收由飞行员操作产生的控制指令,而 UA 程序为 CDS 提供源数据和用户交互操作的逻辑处理。系统上电后,CDS 加载并解析 DF 文件<sup>[3]</sup>,之后通过 UA 完成显示画面的逻辑处理和画面信息的实时更新工作<sup>[4-5]</sup>。

### 1.2 触摸屏显控系统总体结构研究

本文设计的触摸屏显控系统应用于基于 ARINC661 的座舱显控系统,系统结构如图 1 所示。

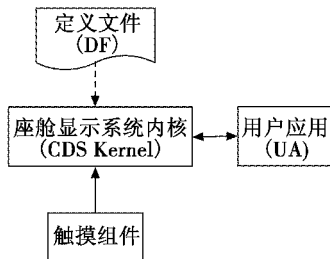


图 1 基于 ARINC661 的座舱显控系统结构示意图

Fig. 1 Structure of cockpit display and control system based on ARINC661

由图 1 可知,基于 ARINC661 的触摸屏显控系统包括触摸组件、CDS 内核、定义文件和 UA<sup>[6]</sup> 4 个模块,各模块功能如下:

1) 触摸组件模块,用于定义和管理飞行员对触屏的操作行为,当飞行员对触屏进行操作时,实时将触点的屏幕坐标、操作行为的状态发送至 CDS 内核;

2) CDS 内核模块,用于加载和解析定义文件模块的定义文件,接收和处理触摸组件模块发送的触屏操作信息,接收 UA 模块发送的 ARINC661 指令并解析,向 UA 模块发送 ARINC661 消息,渲染显示画面和管理所有窗体部件;

3) 定义文件模块,用于设计满足 ARINC661 规范的二进制格式定义文件,供 CDS 内核加载并实例化生成窗体部件;

4) UA 模块,用于设计 UA 的逻辑处理,传输数据给 CDS 内核,实现对显示画面内容的操控,也可接收由 CDS 内核管理的交互式图形产生的输入数据,从而实现与 CDS 内核的指令交互。

### 1.3 触摸屏显控系统工作流程

基于 ARINC661 的触摸屏显控系统工作状态可将工作流程分为初始化阶段和动态运行阶段。初始化阶

段,CDS 内核读取定义文件模块所设计的二进制定义文件,分配内存空间,实例化所有窗体部件,并对各参数值进行初始设置;动态运行阶段,触摸组件实时捕捉飞行员对触屏的操作,并将信息发送给 CDS 内核,CDS 内核接收并处理触摸组件发来的消息,同时与 UA 进行 ARINC661 指令交互,更新显示画面<sup>[7]</sup>。

## 2 系统设计方法

基于 ARINC661 规范的座舱显控系统,对显示画面位置的管理一般通过操作 Button 类窗体部件向 UA 发出指令,UA 响应后对显示画面进行切换或重置图层显示位置。运用这种方法,在设计显示画面时需要包含较多的 Button 类窗体部件,同时 UA 也要为这些窗体部件一一设计对应的逻辑处理,以实现图层变换功能。

本文提供一种显示器局部画面区域随屏幕触点实时移动的设计方法,该方法不需要使用 Button 类窗体部件,而是利用 ARINC661 规范中定义的其他窗体部件,通过 UA 和 CDS 内核间指令交互,在触摸敏感的显示器上实现局部画面区域跟随触摸点实时移动的功能。该方法节约显示画面空间,简化 DF 和 UA 的设计,画面控制也更加方便灵活。

根据触摸屏显控系统的总体架构,本文提供的方法由触摸组件应用设计、CDS 内核设计、定义文件设计、UA 逻辑设计 4 个部分组合实现。

### 2.1 触摸组件应用设计

触摸组件接收飞行员对显示器触摸屏的操作,它将操作行为分为 3 种状态:1) 手指触碰到屏幕;2) 手指与屏幕保持接触;3) 手指离开屏幕。飞行员对触摸屏进行操作时,触摸组件实时将触点的屏幕坐标位置及操作行为所属状态发送给 CDS 内核。

### 2.2 CDS 内核设计

CDS 内核按照功能可划分为 6 个模块,分别为窗体部件管理模块、定义文件加载模块、触屏信息处理模块、消息指令发送模块、UA 指令接收模块和图形渲染模块。具体结构如图 2 所示。

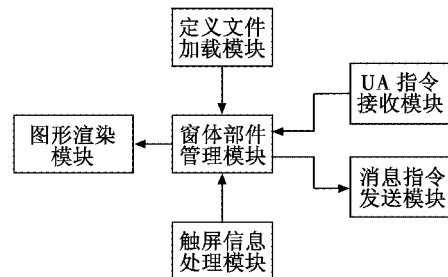


图 2 CDS 内核模块结构框图

Fig. 2 Structure diagram of CDS kernel module  
图 2 中各功能模块及相互关系如下所述。

1) 窗体部件管理模块。用于为每一种窗体部件提供以下功能实现:①在初始化阶段,根据 DF 文件中的描述创建该种窗体部件,即实例化该窗体部件并对其所有参数进行初始设置;②对于该窗体部件的所有运行阶段可变参数,当接收到 UA 模块发出的相关 ARINC661 指令时,该窗体部件可实现对指令的解析,从而响应该指令信息;③若该种窗体部件为交互式窗体部件,当操控人员通过触摸组件对该种窗体部件进行操作时,该窗体部件能够正确响应操作行为,并按照 ARINC661 规范相应的事件通报信息进行打包处理。

为实现本文中所述的局部画面区域随屏幕触点实时移动功能,对于窗体部件管理模块的设计重点在 CursorOver 和 CursorPosOverlay 这两个窗体部件的交互式功能实现上。

CursorOver 窗体部件:根据 ARINC661 规范,允许在光标进入、停留或者离开窗体部件的活动区域时通知 UA。事件通报中报告的光标位置与 CursorOver 窗体部件的原点相关联。事件的产生不需要光标的选择动作,当光标的 X,Y 位置与窗体部件的活动区域交叠时,事件就产生了,产生的事件可以通过 PositionReport Mode 参数来进行如下配置:①ReportAll,只有当光标进入、停留或者离开活动区域时,才发送事件;②On Transition,只有当光标进入或者离开活动区域时才发送事件。结合触摸组件的应用,CursorOver 窗体部件设计为,当其 Enable 参数值为 A661\_TRUE,PositionReport Mode 参数值为 ReportAll 时,触摸组件给 CDS 内核传输的触点位置在 CursorOver 活动区域内,且操作状态为状态 2(即手指与屏幕保持接触),则该 CursorOver 向 UA 发送 A661\_EVT\_CURSOR\_INSIDE 事件通报。图 3a 为 CursorOver 运行阶段的流程图。

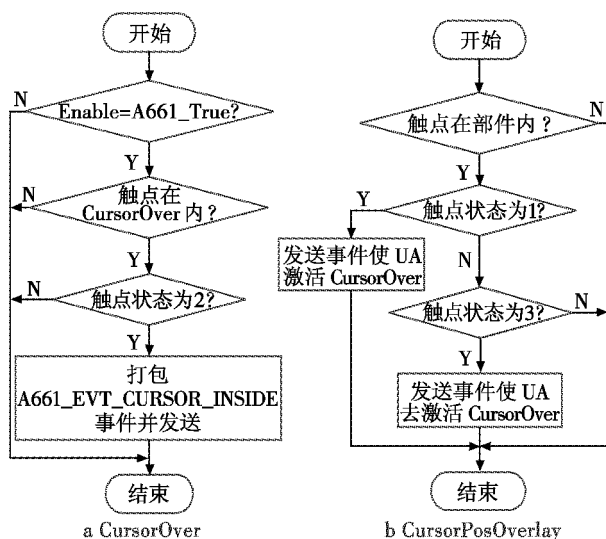


图 3 CursorOver, CursorPosOverlay 阶段流程图

Fig. 3 Flow chart of CursorOver, CursorPosOverlay in run-time phase

CursorPosOverlay 窗体部件:根据 ARINC661 规范,当光标在其活动区域内进行点击选择时,允许其报告当前光标指示的相对坐标位置。结合触摸组件的应用,CursorPosOverlay 窗体部件设计为:当其 Enable 参数值为 A661\_TRUE 时,触摸组件给 CDS 内核传输的触点位置在 CursorPosOverlay 活动区域内,且操作状态为状态 1(即手指触碰到屏幕)或状态 3(即手指离开屏幕),则该 CursorPosOverlay 向 UA 发送 A661\_EVT\_CURSOR\_POS\_CHANGE 事件通报。图 3b 为 CursorPosOverlay 运行阶段的流程图。

2) 定义文件加载模块。用于为 CDS 内核提供 DF 文件加载接口,接收 DF 文件设计模块所设计的二进制 DF 文件,交给窗体部件管理模块解析并实例化。

3) 触屏信息处理模块。接收触摸组件模块传来的触屏信息,根据触点的屏幕坐标、操作行为的状态来判断该操作行为所对应触发的窗体部件的事件,并将触屏信息传给窗体部件管理模块进行解析和消息的打包。

4) 消息指令发送模块。将窗体部件管理模块打包好的 ARINC661 消息发送给 UA 模块。

5) UA 指令接收模块。接收 UA 模块发送给 CDS 内核的 ARINC661 指令,根据指令中的信息定位目标窗体部件,并将指令内容发送给窗体部件管理模块进行解析。

6) 图形渲染模块。将窗体部件管理模块中实例化的各窗体部件,根据其参数信息在显示单元中进行渲染。根据 ARINC661 规范中提出的分层显示原理<sup>[8]</sup>,图形渲染模块按照显示单元、窗口、层、窗体部件的顺序逐层渲染,坐标系通过含 pos 类参数的容器类窗体部件实现传递和变换,子窗体部件继承父容器的坐标系。当父容器坐标位置发生变化时,其所有子窗体部件的渲染位置也跟着发生变化。在系统运行阶段,图形渲染模块实时读取各窗体部件当前的坐标位置,换算为屏幕坐标位置后进行显示画面的绘制。

### 2.3 定义文件设计

要实现局部画面区域跟随触摸点实时移动,可移动区域的 DF 文件相关部分设计如下:

1) 在图层上设计一个 CursorOver 窗体部件,其有效区域覆盖可移动对象的整个活动范围,用于采集触摸点移动时的相对坐标位置,其 PositionReport Mode 参数设为 ReportAll,Enable 参数设为 A661\_FALSE;

2) 在 1) 中的图层上再设计一个 BasicContainer 窗体部件,包含需要整体移动的全部窗体部件对象,这些窗体部件全部定义在所述的 CursorOver 覆盖区域内,BasicContainer 最后一个子窗体部件设计为 Cursor-

PosOverlay 窗体部件,用于采集手指触到可移动区域的第一个点及离开时的最后一个点,其活动区域根据需整体移动的全部窗体部件覆盖位置决定。

### 2.4 UA 逻辑设计

针对 2.3 节中设计的 DF 文件,UA 部分的逻辑设计如下:

1) 当 CDS 内核接收到触点状态为手指触碰到屏幕,且坐标位置在 CursorPosOverlay 窗体部件的活动区域内时,CDS 内核向 UA 模块发出一条 CursorPosOverlay 窗体部件的 A661\_EVT\_CURSOR\_POS\_CHANGE 事件通报,UA 模块接收到该事件后,根据其中包含的窗体部件号 WidgetID 向 CDS 内核发出 ARINC661 指令,激活对应区域的 CursorOver 窗体部件,将其 Enable 参数设为 A661\_TRUE,并判断出需要移动的 BasicContainer 窗体部件,记录该 BasicContainer 的窗体部件号 WidgetID;

2) 当触点状态为手指与屏幕保持接触、坐标位置在 CursorOver 窗体部件的有效区域内,且 CursorOver 处于激活状态时,CDS 内核向 UA 模块发送 CursorOver 窗体部件的 A661\_EVT\_CURSOR\_INSIDE 事件通报,通报中还包含实时触点位置,UA 模块接收到该事件通报后,计算出触点在屏幕上移动的相对距离,根据该相对距离给当前移动的 BasicContainer 窗体部件发送包含其原点坐标(PosX,PosY)的 ARINC661 指令,从而修改该 BasicContainer 的原点坐标,使 BasicContainer 容器内所有窗体部件在显示画面上的位置发生整体移动;

3) 当触点状态为手指离开屏幕,且坐标位置在 CursorPosOverlay 窗体部件的活动区域内时,CDS 内核向 UA 模块发出一条 CursorPosOverlay 窗体部件的 A661\_EVT\_CURSOR\_POS\_CHANGE 事件通报,UA 模块接收到该事件后,根据其中包含的信息将对应区域的 CursorOver 窗体部件设为非激活状态,将其 Enable 参数设为 A661\_FALSE,从而完成局部画面的重新定位操作。

### 3 系统实现

按照上述设计,开发完成 DF 文件和对应的 UA 指令交互逻辑设置。系统初始化阶段,CDS 内核加载 DF 文件,实例化所有窗体部件,并对各参数值进行初始设置。之后系统进入动态运行阶段,触摸组件实时监控触摸屏状态,如飞行员有操作行为,则将触屏信息发送给 CDS 内核。要实现局部画面区域随屏幕触点实时移动,CDS 内核与 UA 的指令交互过程如图 4 所示。

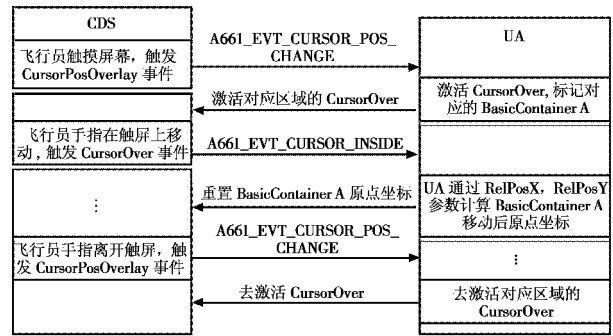


图 4 局部画面区域随屏幕触点实时移动过程中 CDS 内核与 UA 指令交互示意图

Fig. 4 Diagram of instruction interaction between CDS kernel and UA

根据图 4 所示,假设座舱显示器画面设计划分为几个区域,飞行员要移动其中一块画面区域,只需用手指接触该区域,然后在屏幕上滑动,即可实现该区域画面跟随手指触点实时移动。当手指离开触摸屏,显示画面固定,被移动区域停留在飞行员指定的位置上。

本文设计的触摸屏显控系统成功实现了飞行员对座舱画面的显示控制,处理信息准确无误,运行可靠。局部画面区域随屏幕触点实时移动的实现方法,使画面控制更加方便、灵活,人机交互更加友好。

### 4 结束语

本文基于 ARINC661 规范,研究设计了一套触敏座舱显控系统,利用规范中定义的窗体部件,通过 UA 和 CDS 内核间指令交互,在触敏显示器上实现局部画面区域随触点实时移动的功能,该触摸屏显控系统已应用于某先进飞行仿真实验室座舱仿真平台。实践证明,该系统设计合理,运行可靠,局部画面区域可随触摸点实时移动,使画面控制更加方便、灵活。本文设计研究的基于 ARINC661 的触摸屏显控系统,将为今后座舱显控技术的研究提供有效的参考。随着系统开发的深入,触屏手机、平板电脑等设备上的一些触屏功能也将灵活运用于航空显示领域。

### 参考文献

[1] ARINC 661. Cockpit display system interfaces to user systems[S]. America: Aeronautical Radio, INC, 2007.  
 [2] BARBONI E, NAVARRE D, PALANQUE P, et al. A formal description technique for interactive cockpit applications compliant with ARINC specification 661[C]//Proceedings of SIES 2007 - IEEE 2th International Symposium on Industrial Embedded Systems Lisbon, Portugal, 2007(4/5/6):250-257.

(下转第 69 页)

### 3 结束语

由于滚仰式捷联导引头不能提供相对惯性空间的视线角速度,需采用视线角速度信息重构或信息提取等方法来闭合制导系统。由于在导引头过顶跟踪时,导引头外环高速旋转,导致重构的视线角速度信息抖动较大,且耦合有弹体角速度信息,因此,采用滤波间接提取视线角速度,经仿真验证,滤波提取的视线角速度精度较高,能够满足制导精度要求,可以采用滤波输出的视线角速度闭合制导系统。

#### 参考文献

- [1] 任森,王秀萍. 2011年国外空空导弹发展综述[J]. 航空兵器,2012,3(6):3-7. (REN M, WANG X P. Overview on foreign air-to-air missiles development in 2011[J]. Aero Weaponry, 2012, 3(6):3-7.)
- [2] 穆学帆,周树平,赵桂瑾. AIM-9X空空导弹位标器新技术分析和评价[J]. 红外与激光工程,2006,35(4):392-400. (MU X Z, ZHOU S P, ZHAO G J. Analysis and evaluation of new approach of AIM-9X AAM seeker[J]. Infrared and Laser Engineering, 2006, 35(4):392-400.)
- [3] 杨宝庆,徐龙,姚郁. 半捷联式导引头视线转率提取算法[J]. 北京航空航天大学学报,2011,37(7):839-843. (YANG B Q, XU L, YAO Y. LOS information reconstruction of half strapdown seeker[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2011, 37(7):839-843.)
- [4] 孟伟,朱学平,邱峰,等. 滚仰式导引头过顶问题的抗饱和和控制研究[J]. 科学技术与工程,2013,13(25):7505-7509. (MENG W, ZHU X P, QIU F, et al. Study of saturated control based on track for roll/pitch seeker[J]. Science Technology and Engineering, 2013, 13(25):7505-7509.)
- [5] 姚郁,章国江. 捷联成像制导系统的若干问题探讨[J]. 红外与激光工程,2006,35(1):1-6. (YAO Y, ZHANG G J. Discussion on strapdown imaging guidance system[J]. Infrared and Laser Engineering, 2006, 35(1):1-6.)
- [6] LIN Z, YAO Y, MA K M. The design of LOS reconstruction filter for strap-down imaging seeker [C]//Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou, August, 2005:2272-2277.
- [7] OWINGEN H F. Seeker head for target tracking: United States Patent, 6179246B1[P]. 2001-07-30.
- [8] 薛舜,周军,葛致磊. 捷联导引头目标视线角速率重构方法研究[J]. 计算机仿真,2009,26(3):82-86. (XUE S, ZHOU J, GE Z L. Line-of-sight angle rate reconstruction for strap-down seeker[J]. Computer Simulation, 2009, 26(3):82-86.)
- [9] LI X R, JILKOV V P. A survey of maneuvering target tracking Part I Dynamic models [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2003, 39(4):1333-1364.
- (上接第65页)
- [3] 袁磊,孙永荣,周晓达,等. 基于ARINC661的DF文件设计平台研究与实现[J]. 现代电子技术,2012,35(5):156-159. (YUAN L, SUN Y R, ZHOU X D, et al. Research and implementation of definition file designer based on ARINC661 specification[J]. Modern Electronics Technique, 2012, 35(5):156-159.)
- [4] 钱雪佳,孙永荣,袁磊,等. 基于ARINC661的座舱显示系统通信机制研究[J]. 测控技术,2013,32(10):105-108. (QIAN X J, SUN Y R, YUAN L, et al. Research on the communication mechanism of cockpit display system based on ARINC661[J]. Measurement and Control Technology, 2013, 32(10):105-108.)
- [5] NAVARRE D, PALANQUE P, BASNYAT S. A formal approach for user interaction reconfiguration of safety critical interactive systems [C]//Safety, Reliability and Security, The 27th International Conference SAFECOMP, 2008. doi:10.1007/978-3-540-87698-4\_31.
- [6] 黄鸣丰,孙永荣,孙旭东,等. 航空座舱显示系统内核设计研究[J]. 现代电子技术,2011,34(19):205-207. (HUANG M F, SUN Y R, SUN X D, et al. Research on kernel design of aviation cockpit display system[J]. Modern Electronics Technique, 2011, 34(19):205-207.)
- [7] 曹猛,孙永荣,王岩,等. 开放式座舱显示系统关键技术研究及实现[J]. 航空计算技术,2011,41(4):78-81. (CAO M, SUN Y R, WANG Y, et al. Research and simulation on open-architect cockpit display system[J]. Aeronautical Computing Technique, 2011, 41(4):78-81.)
- [8] NAVARRE D, PALANQUE P, LADRY J F, et al. An architecture and a formal description technique for the design and implementation of reconfigurable user interfaces [C]//Interactive Systems, Design, Specification, and Verification, The 15th International Workshop, 2008:208-224.