

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.03.022

新一代 AOC 机载信息交互与显示技术实现^{*}

王洪涛^{**}, 严 雯, 李 健

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘 要:为推进新一代驾驶舱显示技术在国产大型客机上的应用,将航空公司运行控制(Airline Operational Control, AOC)应用作为一个独立的用户应用,提出了基于 ARINC 661 的新一代 AOC 机载信息交互与显示技术实现方案。通过突破 AOC 应用的页面设计、基于分层架构的 AOC DF 文件设计和基于事件的动态页面维护等关键技术,解决了在新一代驾驶舱显示系统上发送 AOC 下行消息、接收上行消息以及查看上下行消息的难题。实验结果表明本设计可行。

关键词:大型客机;机载信息交互与显示;AOC 应用;定义文件;用户应用

中图分类号:V243.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)03-0341-06

Implementation of Advanced Cockpit Information Exchange and Display Technology for AOC Application

WANG Hong-tao, YAN Wen, LI Jian

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: With the requirement of advanced cockpit display system to be used in domestic airplanes, a design scheme of the advanced cockpit information exchange and display technology is proposed for Airline Operational Control(AOC) applications based on the ARINC 661 Standard. This design specifies the AOC as one independent user application to contact with cockpit display system(CDS). Key technologies are presented to address problems of how to send AOC downlink messages, to receive AOC uplink messages and to display messages with CDS, including the typical display of AOC applications, the AOC definition file(DF) based on hierarchical structures at definition time, and the dynamic page maintenance between AOC applications and CDS at run-time. Experimental network is built and the results show that this design is feasible.

Key words: large airplane; cockpit information exchange and display; AOC applications; definition file; user application

1 引 言

在 20 世纪 80 年代末,航空公司为了减少机组人员的工作负荷,提高数据的完整性,引入了 ACARS 地空数据链系统用于飞机航行的监视与服务,称之为航空公司运行控制(Airline Operational Control, AOC)。

在飞机上, AOC 应用通常使用多功能控制显示组件(Multi-function Control Display Unit, MCDU)为驾

驶舱机组人员提供人机交互界面。AOC 应用与 MC- DU 之间采用 ARINC 739 协议交流信息、存在界面不友好、操作繁琐等缺点。随着航空电子技术的发展,基于 ARINC 661 协议的新一代驾驶舱显示技术成为民航市场的新宠,波音 787 客机、空客 380 客机等最新型号的大型客机都采用该驾驶舱显示技术。在新型客机上,驾驶舱机组人员通过液晶飞行显示器(如主飞行显示器(Primary Flight Display, PFD))和鼠标键盘控制类设备(如 Keyboard Cursor Control Unit(KC-

^{*} 收稿日期:2012-11-05;修回日期:2013-02-06 Received date:2012-11-05;Revised date:2013-02-06

^{**} 通讯作者:camou001@yahoo.com.cn Corresponding author:camou001@yahoo.com.cn

CU))采用类似于“Windows 视窗”的方式来处理 AOC 数据链应用。

ARINC 661^[1]规范采用窗口和分层架构组织用户界面,将信息处理交由相应的航空电子设备完成,巧妙地解决了多种不同功能设备在同一界面上的显示和切换问题,让整个驾驶舱的设计简洁大方。

目前,国外研制基于 ARINC 661 规范的产品和应用已比较成熟^[2-3],而国内对基于 ARINC 661 规范的新一代驾驶舱显示技术的研究才刚刚起步,往往集中于规范本身的研究^[4-6]。本文针对典型的 AOC 应用,探讨基于 ARINC 661 规范的机载信息交互与显示设计及实现。

2 ARINC 661 规范简介

ARINC 661 规范定义了新一代驾驶舱显示系统(Cockpit Display System, CDS)的标准接口,为不同功能、不同类型的航空电子器件与不同类型 CDS 之间的互联互通提供一个通用平台。ARINC 661 规范具有以下特点。

(1) 基于窗口和分层架构的用户界面

ARINC 661 协议采用窗口和分层架构组织用户界面,适用于不同功能、不同机型的驾驶舱显示。ARINC 661 协议将驾驶舱显示系统自顶向下分为显示单元(Display Unit, DU)、窗口(Window)、层(Layer)和窗口小部件(Widget)等。

1) DU: CDS 可根据要求划分成多个显示区域,每个显示区域称为一个 DU, DU 是 CDS 中最顶层的实体。

2) Window: 为显示界面上的一个矩形区域,由 CDS 负责控制和管理。多个 Window 之间互不重叠,每个 Window 包含一个或多个 Layer 实体。

3) Layer: 是 CDS 所定义实体中可以被 UA 知晓的最高层实体。

4) Widget: 是 ARINC 661 规范定义接口的最基本元素。Widget 由 UA 负责指定和管理,对单个 Layer 来说,每个 Widget 具有唯一标识。

(2) 图形显示和处理逻辑的彻底分离

ARINC 661 规范最大的特点是彻底将图形显示和处理逻辑分离,在大大节约机载设备开发和验证时间的同时,降低了开发维护成本。为了彻底将图形显示和处理逻辑分离,ARINC 661 规范将实体抽象成为一系列的概念:

1) CDS, 又称为 ARINC 661 Server, 负责提供图形

显示,响应鼠标键盘控制类设备的输入;

2) 用户应用(User Application, UA), 是提供信息和逻辑处理的电子设备,又称为 ARINC 661 Client, 通过参数更新和 Layer 更新请求消息让 CDS 生成所需的系统显示信息;

3) 定义文件(Definition File, DF), 为驻留在 CDS 中可加载的标准格式文件,描述了 UA 和 CDS 之间通信所需的 widgets 以及 widgets 分层结构。DF 是 UA 和 CDS 之间信息交流的基础,该文件需要在 UA 和 CDS 消息交互前定义。

(3) 丰富的图形和文字化组件

ARINC 661 提供了丰富的图形和文字化组件,供用户构建复杂的图形和文字界面,包括提供标准的 Widget 库,定义 65 种不同的 Widget 类型,划分容器、图形、文字、交互式、地图管理、动态移动等 8 种不同种类。

3 基于 ARINC 661 规范的 AOC 应用设计

AOC 是 ACARS 地空数据链的一种重要应用,用于向航空公司提供飞机航行及时、有效的全阶段监视与服务。ARINC 620 规范^[7]对基本的 ACARS 上行和下行消息进行了描述,但是在实际使用过程中,航空公司往往出于费用的考虑,将自定义 AOC 消息,以求用尽可能少的字符数来表示尽可能多的信息。本文首次尝试采用基于 ARINC 661 的新一代驾驶舱显示技术来实现 AOC 机载信息的交互与显示,因此暂不考虑航空公司的定制消息,而是针对 ARINC 620 规范提出 AOC 典型应用,以满足大多数航空公司的需求。

在本节中,AOC 应用作为一个独立的 UA 与 CDS 进行数据交互。在 AOC 机载信息交互与显示的设计和实现过程中,着重突破了 AOC 典型应用的页面设计、基于分层架构的 AOC DF 设计和基于事件的动态页面维护设计等关键技术。

3.1 AOC 典型应用的页面设计

AOC 应用主要用于向航空公司提供飞机航行及时、有效的全阶段监视与服务,对保障飞行安全、增加航班保障能力和效率、提高旅客服务水平等均具有显著的作用。目前,ACARS 地空数据链为国内外 70 余家航空公司的千余架飞机提供地空数据链通信服务。在飞机的整个航行过程中,飞机与航空公司交互的典型 AOC 上下行报文如图 1 所示,其中 M 表示人工触发的报文,A 表示自动触发的报文,箭

头向上表示是上行报文,箭头向下表示是下行报文。

AOC 应用具备接收上行消息、发送下行消息、显示消息内容和记录消息等功能。AOC 应用可以根据飞行当前的飞行状态自动产生 AOC 下行消息,如飞机进场/离场/起飞/降落(OOOI)报告,可以是周期性的自动报告,如机组发起位置报告,也可以是机组人员手工选择 AOC 菜单,发送所需的 AOC 下行消息,如延误报告、气象请求报告、估计到达时间请求报告、改航报告、自由文本报告、语音连接请求报告等。

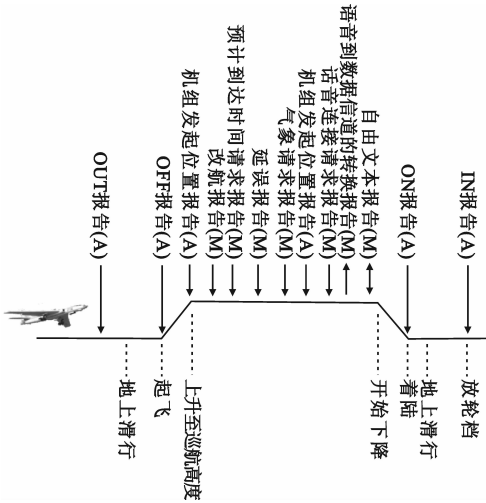


图 1 AOC 应用的航路剖面图

Fig.1 Illustration of AOC applications on the flight profile

根据 AOC 应用的功能,本节共设计了 9 个操作页面,分别为 AOC 主页面、延误报告页面、气象请求报告页面、估计到达时间请求报告页面、改航报告页

面、自由文本报告页面、语音连接请求报告页面、AOC OOOI 状态页面和 MESSAGE LOG 页面。其中,AOC 主页面为初始页面,用户可通过 AOC 主页面上的按键,分别进入到其他各个页面;延误报告页面、气象请求报告页面、估计到达时间请求报告页面、改航报告页面、自由文本报告页面、语音连接请求报告页面分别为驾驶舱机组人员提供手动发送相应消息的页面;AOC OOOI 状态页面则提供飞行状态信息的显示;MESSAGE LOG 页面负责上下行消息及其状态的显示。

3.2 基于分层架构的 AOC DF 设计

本节采用分层架构设计 AOC 应用与 CDS 之间的 AOC DF 文件,定义 AOC Layer 及其上的 widgets。如图 2 所示,DF 文件包含一个 AOC Layer,AOC Layer 根据操作页面划分为 9 个 Panel,每个操作页面为一个单独的 Panel,各个 Panel 相互独立,各自负责本操作页面上的所有文字、按键和信息输入框对应的 Widget。Panel 是一种 Widget,在这里起类似于容器的作用,将所属的 Widget,包括 Label、PushButton、RadioBox、GpRectangle、EditBoxTex 等,打包为一个整体。对某个 Panel 进行操作,就会对该 Panel 下所有的 Widget 产生影响。RadioBox 也是一种容器,但是它只能包含 CheckButton 或 ToggleButton 类型的子 Widget,所能支持的子 Widget 种类要比 Panel 少得多,用于构建一组单选选项。DF 文件除了定义 widgets 的名称、类型和层次关系外,还会定义每个 widget 的唯一标识、属性和参数。Widget 的定义必须满足 ARINC 661 中 Widget 库的要求。

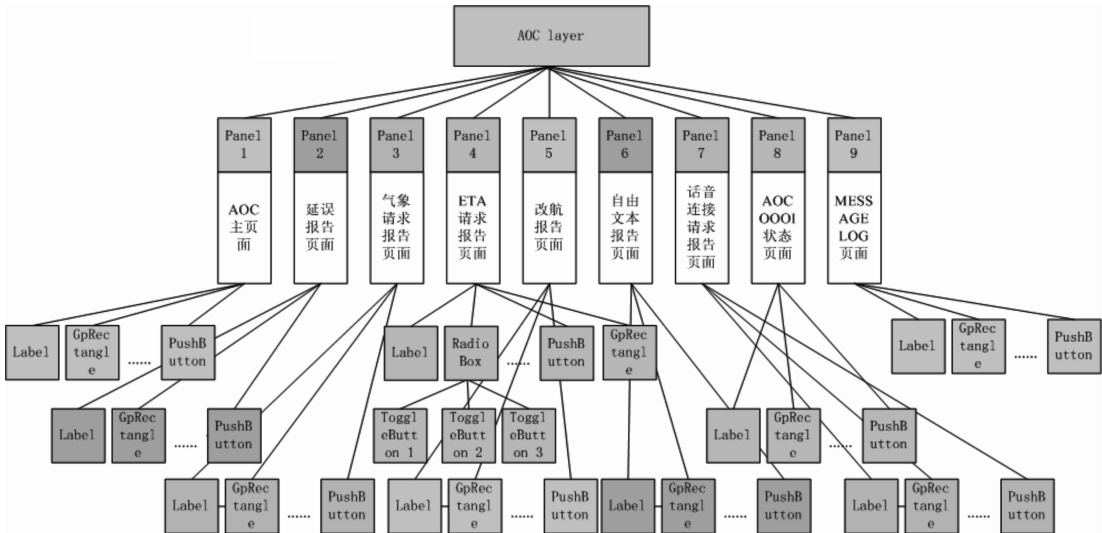


图 2 AOC 应用分层架构图

Fig.2 Hierarchical structure of the AOC application widgets

AOC DF 文件为 AOC Layer 中的每一个 Widget 定义了唯一标识——Widget ID,将 AOC 应用人机交互界面上一个个抽象的图像转化为数字代号,极大方便了 AOC 应用和 CDS 之间信息的交互——只需要告诉对方 Widget ID 及其参数的变化,对方就能“翻译”成具体的图像,并进行及时的处理。

3.3 基于事件的动态页面维护

当 AOC 应用和 CDS 建立连接、CDS 成功加载 AOC DF 文件后,就进入运行阶段。在运行阶段,AOC 应用和 CDS 之间信息的交互采用事件驱动的方式进行,在 CDS 确认 AOC Layer 激活的情况下,由 AOC 应用负责管理和维护 AOC Layer 及其上的所有 Widget,如图 3 所示。

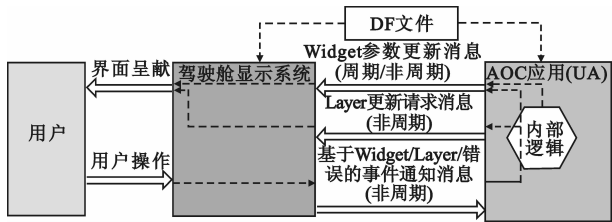


图 3 动态页面维护示意图

Fig.3 Illustration of dynamic display maintenance

具体过程如下所述。

(1) 驾驶舱机组人员使用 KCCU 等设备操作 CDS,进行 AOC 应用消息的发送、接收、查看等操作。

CDS 实时监视用户的界面操作:将与 Widget 相关的有效操作,如单击按钮、输入数据等,抽象为一个独立事件,这些事件会进一步触发 CDS 发送相应的消息给 AOC 应用;其余无效操作,如移动鼠标等,CDS 直接屏蔽掉不告诉 AOC 应用。根据操作对象和作用的不同,用户操作事件可分为基于 Widget 的事件、基于 Layer 的事件和基于错误的事件。ARINC 661 为不同的 Widget 事件、Layer 事件和错误事件定义了唯一的事件 ID,方便 CDS 通过 Widget ID、事件 ID 及其状态的方式来描述不同的用户操作。

(2) AOC 应用根据自身运行状态,管理和维护 CDS 当前页面上的所有 Widget。对于需要周期更新的信息,如时间等,AOC 应用会周期性地发送 Widget 参数更新消息,来保证信息的实时性。当收到 CDS 发送的事件通知后,AOC 应用会立即进行逻辑判断和处理,如果界面有更新,则发送相应消息给 CDS,具体为:当需要更新页面显示或进入新的操作页面时,AOC 应用向 CDS 发送 Widget 参数更新消息;当需要让键盘光标或鼠标指向某个 Widget 时,则发送 Layer 更新请求消息。

(3) CDS 接收并解析 AOC 应用发送的 Widget 参数更新消息和 Layer 更新请求消息,完成界面显示的更新。

在运行阶段,AOC 应用和 CDS 之间的消息交互列表如表 1 所示。

表 1 运行阶段消息列表

Table 1 Run-time commands

命令名称	命令消息	数据流方向	描述
Widget 参数更新	A661_CMD_SET_PARAMETER	AOC 应用到 CDS	AOC 应用更新某个 Widget 的参数。 AOC 应用向 CDS 请求对 Layer 的操作,该操作完全异步,操作包括: (1)A661_REQ_LAYER_ACTIVE:AOC 应用向 CDS 请求激活某层,CDS 根据当前配置接受或拒绝该请求; (2)A661_REQ_LAYER_INACTIVE:AOC 应用向 CDS 请求让某层无效; (3)A661_REQ_FOCUS_ON_WIDGET:AOC 应用向 CDS 请求选中某一 Widget(如键盘等非鼠标设备); (4)A661_REQ_LAYER_VISIBLE:AOC 应用向 CDS 请求让某层可见,CDS 回复 A661_NOTE_LAYER_IS_ACTIVE 命令; (5)A661_REQ_CURSOR_ON_WIDGET:AOC 应用向 CDS 请求让鼠标选中某一 Widget。
Layer 更新请求	A661_CMD_UA_REQUEST	AOC 应用到 CDS	
基于 Widget 的事件通知	A661_NOTIFY_WIDGET_EVENT	CDS 到 AOC 应用	发送事件通知。事件的属性与 widget 类型和对其的操作有关。

续表 1

基于 Layer 的事件通知	A661_NOTIFY_LAYER_EVENT	CDS 到 AOC 应用	发送 Layer 通知,操作包括: (1)A661_NOTIFY_LAYER_DATA: CDS 向 AOC 应用请求初始化某层,AOC 应用应该通过 A661_CMD_SET_PARAMETER 命令更新该层上的所有 Widget; (2)A661_NOTIFY_LAYER_IS_ACTIVE: CDS 通知 AOC 应用激活该层,AOC 应用应该设置该层为可见,并且初始化该层的所有数据; (3)A661_NOTIFY_LAYER_IS_INACTIVE: CDS 通知 AOC 应用停止该层活动。
基于错误的事件通知	A661_NOTIFY_EXCEPTION	CDS 到 AOC 应用	发送错误通知,适用于所有的应用错误。

4 实验室实例

目前,除了航空电子专业生产厂商外,互联网上流行三款 ARINC 661 编辑软件,分别为加拿大 Pre-sagis 公司推出的 VAPS XT 661 工具、美国 Disti 公司研制的 GL Studio 工具以及 Dassault Aviation 团队维护的 j661 工具,这三款软件均可提供仿真 CDS 的功能。其中,j661 工具是一款基于 Java 语言的开源软件,由 Dassault Aviation 团队于 2010 年公开源码代码,展示了 ARINC 661 中描述的 CDS 和 UA 之间的标准接口。

本文在实验室环境下搭建小型网络,实现基于 ARINC 661 规范的 AOC 应用,实验环境包括 AOC 应用激励器、CDS 模拟器和 AOC 应用模拟器三大部分,如图 4 所示。其中,在 CDS 模拟器上运行 j661 工具中的 j661Server 软件,仿真标准的 CDS 设备;在 AOC 应用模拟器运行基于 Windows 操作系统 C++ 语言开发 AOC 应用软件;在 AOC 应用激励器运行机载互联设备接口模拟软件和航空公司地面中心软件,提供标准的机载互联设备接口 (ARINC 429/619/620) 和提供航空公司地面端的人机界面。

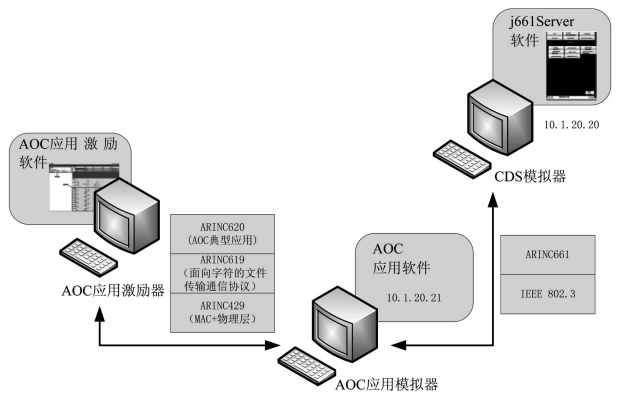


图 4 AOC 应用演示环境组成

Fig.4 The demonstration environment of the AOC applications

AOC 应用演示系统运行时,CDS 上的 j661Server 软件需先加载 AOC DF 文件以提供初始页面,如图 5 中的页面 5。当 CDS 与 AOC 应用模拟器上的 AOC 应用软件建立连接后,CDS 会以事件通知的方式将用户操作告知 AOC 应用软件,并根据 AOC 应用软件发送的消息更新当前的界面显示。根据 3.1 节的设计,基于 ARINC 661 的 AOC 应用显示共包括 9 个页面,如图 5 所示。图中,页面 5 为 AOC 主页面,通过点击主页面上的按钮,便可进入其他 8 个页面,进行消息的发送和查看等操作,图中的虚线表示按钮和页面之间的对应关系。

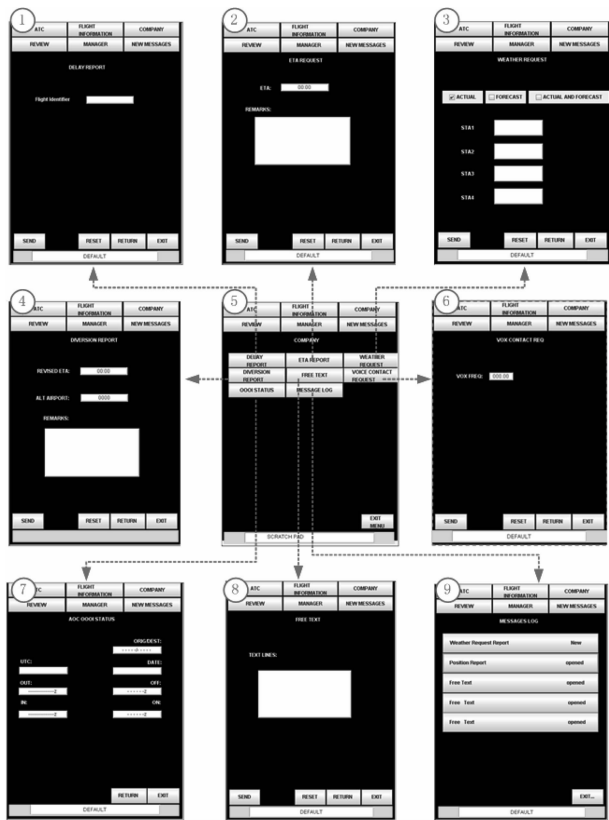


图 5 基于 ARINC 661 的 AOC 应用界面

Fig.5 AOC applications display based on ARINC 661

实验结果表明, AOC 应用软件能够与航空公司地面中心软件正常交互 AOC 上下行消息, 支持 OOOI 消息、延误报告、气象请求报告、估计到达时间请求报告、改航报告、自由文本报告、语音连接请求报告等下行消息的发送, 支持 AOC 上行消息的接收, 并支持 AOC 上下行消息的查看。经过测试, 该系统能够及时响应用户的操作, 响应时间在 100 ms 以内。

5 结束语

本文深入探讨了基于 ARINC 661 规范提供民航 ACARS 数据链 AOC 应用人机交互界面这一课题, 在国内首次尝试将新一代驾驶舱显示技术应用于民航机载 ACARS 数据链应用领域, 为国内大型客机的自主研制奠定技术基础。在新一代 AOC 机载信息交互与显示技术的实现过程中, 深刻感受到 ARINC 661 规范提出的将图形显示和处理逻辑彻底分离这种设计理念为系统开发带来的灵活性, 具有可借鉴意义, 可推广到更多的交互式应用中使用。下一步将紧跟大型客机采用新一代驾驶舱显示技术提供 CNS/ATM 服务的发展趋势, 探索使用新一代驾驶舱显示技术提供机载 CNS 功能的人机交互界面。

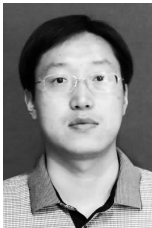
参考文献:

- [1] ARINC Specification 661 - 3, Cockpit Display System Interfaces To User Systems[S].
- [2] Eric B, Stéphane C, David N, et al. Model-Based Engineering of Widgets, User Applications and Servers Compliant with ARINC 661 Specification[M]//Proceedings of 13th International Conference on Interactive Systems Design, Specification, and Verification. Dublin, Ireland: Springer, 2006: 25 - 38.
- [3] Barboni E, Navarre D, Palanque P, et al. A Formal Description Technique for Interactive Cockpit Applications Compliant with ARINC Specification 661[C]//Proceedings of 2007 International Symposium on Industrial Embedded Systems. [S.l.]: IEEE, 2007: 250 - 257.
- [4] 刘建, 刘勤, 孙永荣, 等. ARINC 661 规范及其应用开发研究[J]. 计算机与现代化, 2010(4): 188 - 192.

LIU Jian, LIU Qin, SUN Yong-rong, et al. Research on ARINC 661 Specification and Its Application Development[J]. Computer and Modernization, 2010(4): 188 - 192. (in Chinese)

- [5] 高中杰, 康介祥, 廖万胜. 基于 Arinc 661 的显控系统设计与实现[J]. 航空电子技术, 2011, 42(4): 12 - 15.
GAO Zhong-jie, KANG Jie-xiang, MIAO Wan-sheng. A Development Method for Display and Control System Based on Arinc 661[J]. Avionics Technology, 2011, 42(4): 12 - 15. (in Chinese)
- [6] 涂友武, 王立松, 康介祥. 基于 Arinc 661 的 CDS 标准部件库的设计与实现[J]. 航空电子技术, 2011, 42(4): 38 - 40.
TU You-wu, WANG Li-song, KANG Jie-xiang. Design and Development of Standard Widget Library for Cockpit Display System Based on Arinc661[J]. Avionics Technology, 2011, 42(4): 38 - 40. (in Chinese)
- [7] ARINC Specification 620 - 6, Datalink Ground System And Interface Specification[S].

作者简介:



王洪涛(1979—), 男, 陕西人, 2001 年于兰州大学获学士学位, 现为工程师, 主要研究方向为航空通信系统总体设计;

WANG Hong-tao was born in Shaanxi Province, in 1979. He received the B. S. degree from Lanzhou University in 2001. He is now an engineer. His research concerns avionic communication system design.

Email: camou001@yahoo.com.cn

严雯(1983—), 女, 四川高县人, 2009 于电子科技大学获硕士学位, 现为工程师, 主要研究方向为航空通信系统总体设计;

YAN Wen was born in Gaoxian, Sichuan Province, in 1983. She received the M. S. degree from University of Electronic Science and Technology of China in 2009. She is now an engineer. Her research concerns avionics system and communication system design.

Email: yanwen9@126.com

李健(1973—), 男, 四川德阳人, 1997 年于沈阳航空工业学院获学士学位, 现为工程师, 主要研究方向为航空通信系统软件设计。

LI Jian was born in Deyang, Sichuan Province, in 1973. He received the B. S. degree from Shenyang Aerospace University in 1997. He is now an engineer. His research concerns avionic software design.