

引用格式: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. ZHAO K D, SUN Y R, ZHOU X D, et al. Display and control mode of ARINC661 target symbol;research and design[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(10):59-63.

ARINC661 目标符号显控方式的研究与设计

赵科东¹, 孙永荣¹, 周晓达², 冯悦¹, 孙旭东²

(1. 南京航空航天大学自动化学院,南京 210016; 2. 航空工业沈阳飞机设计研究所,沈阳 110035)

摘要:针对 ARINC661 座舱显控系统目标符号实现方式繁琐冗余、DF 开发者工作量大的问题,研究了自定义窗体部件及其参数接口,设计了一种新型显示项,可以依据 DF 文件中的设置信息以及 UA 指令中的配置信息,组合出复杂的目标符号。仿真显示试验表明,该设计合理,运行可靠,在不增加 CDS 内存占用率和通信指令的基础上,大大减小了预定义符号库以及 DF 开发者的工作量,同时也便于后期维护。

关键词:座舱显控系统; ARINC661; 目标符号; 显控方式

中图分类号: V241 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2017.10.012

Display and Control Mode of ARINC661 Target Symbol: Research and Design

ZHAO Ke-dong¹, SUN Yong-rong¹, ZHOU Xiao-da², FENG Yue¹, SUN Xu-dong²

(1. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;
2. Shenyang Aircraft Design & Research Institute, AVIC, Shenyang 110035, China)

Abstract: Considering the complexity of ARINC661 cockpit display and control system in realizing target symbols, and the heavy workload of DF developer, we studied the user-defined widgets and parameter interfaces on the basis of ARINC661 specification, and designed a new type of display item. It can present complex composite target symbols in accordance with the setting information in the definition files and the configuration information in the UA instruction. The simulation results show that the design is reasonable and reliable, which can greatly reduce the size of predefined symbol library and the workload of DF developer without increasing the CDS memory usage and communication data. It is also convenient for later maintenance.

Key words: cockpit display and control system; ARINC661; target symbol; display and control method

0 引言

为适应综合航电系统的迅速发展,美国航空无线电协会于2001年提出 ARINC661 规范^[1],以实现 CDS (Cockpit Display System) 与 UA (User Application) 之间的解耦,并提供标准化的接口,减少了因人机接口设备频繁更改和升级而导致的航电系统其他设备的状态更改,进而实现了降低飞机研制和维护成本的目的^[2-3]。目前,多个型号的民机、军用直升机、军用运输喷气机都使用 ARINC661 规范为相关机载显示设备开发了新一代的座舱显示系统,而在军用战机方面,目前国内已有相关单位开展研究。

战机座舱的显控系统,由于其功能的特殊性,态势、雷达等画面中需显示符号的种类和数目繁多。如果纯粹地移植起源于民用飞机座舱显控系统的 ARINC661 规范,使用规范中的目标符号的调用方式,不仅增加开发者的工作量,甚至还增加 CDS 内核对内存的需求,影响显控系统的性能。

本文基于 ARINC661 规范,结合其开放性、可扩充性的特点^[4],研究设计了一种用于战机繁琐冗余目标符号的显控方案,使 ARINC661 规范在战机座舱显控系统中的应用更加高效合理。

1 ARINC661 座舱显控系统目标符号研究

1.1 显控系统的运行架构

针对基于 ARINC661 的座舱显控系统,在其定义阶段,根据需求设计出详细设计文档,开发出合理的 DF 文件作为界面信息的载体^[5]。在其运行阶段,首先将 DF

收稿日期:2016-10-26

修回日期:2016-11-16

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:赵科东(1993—),男,浙江诸暨人,硕士生,研究方向为航空机载电子。

加载到 CDS 中, CDS 根据其中的信息进行显示界面的实例化;接着,由 UA 通过发送运行阶段指令控制着画面显示逻辑^[6], CDS 也可通过交互式部件产生的事件上报给 UA 进行处理^[7-8]。UA 与 CDS 之间的接口设计及通信数据格式需遵从 ARINC661 规范要求。

1.2 目标符号的实现方式

基于 ARINC661 规范的座舱显控系统中态势、雷达等画面中的目标符号信息均是通过向地图类部件发送显示项来实现。这类符号的显控逻辑特点在于动态配置画面内符号的显示信息,即通过向地图类部件运行时的参数接口 Buffer Of Map Items 发送指令来配置显示项。规范中包含了 20 余种结构类型的显示项以实现不同功能,每种显示项的格式结构不同。

图 1 中所示的目标符号采用 ARINC661 规范中的 SYMBOL_TARGET 类型的显示项。依照 ARINC661 规范,显示器在上电初始化阶段加载 DF 文件,根据 DF 中的描述信息,在内存中创建相应的符号库,本例为图 1 中 7 种类型的符号创建窗体部件库。上电初始化结束后,UA 负责显示画面的操控与调度^[9],将目标符号的配置信息发送给 CDS,以控制显示画面。



图 1 目标符号

Fig. 1 Target symbol

图 1 所示目标符号的显控指令中包含 8 个显示项,每个显示项配置信息遵循如下规则:Item Index,该显示项编号;Item Type,该显示项的类型,如图中所示为 A661_SYMBOL_TARGET;End Flag,是否结束标志;Symbol Type,该显示项调用预定义符号库中符号的 ID 号;Length,该目标符号速度大小;X/Y,该显示项在二维地图中位置坐标;Orientation,该符号与北向的夹角。

1.3 目标符号的应用分析

纵观 ARINC661 规范现有的 20 余种格式的显示项,其调用的符号与预定义符号库之间为一一对应关系,即每个目标符号均需 DF 文件开发者在预定义符号库中逐一对其进行绘制。在实际应用中产生的最突出的问题就是绘制这近千个复杂的目标符号,不管是开发或是维护,工作量都十分巨大。

当然,协议并没有限定不能使用多个显示项拼凑出想要的符号,但考虑到每个符号可能由多个部分组成,

各部分均为显示项势必会增加 CDS 预留内存的占用率以及 UA 与 CDS 之间通信的负担,而且是成倍增长。

另外,由于符号有重叠显示的情况,故对每个符号需设置与背景颜色一样的底以遮盖其下的显示信息。这使得对符号进行颜色控制难以执行。以空中目标符号为例,绘制指令如图 2 所示。首先,设置颜色为背景色,本例中为黑色,并绘制填充部分,之后,绘制符号的主体部分,该部分由颜色区分目标所属的阵营。

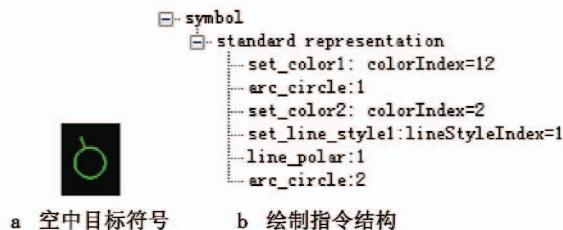


图 2 空中目标符号及其绘制指令结构

Fig. 2 Air target symbol and render instruction

经过对实际应用中产生问题的分析,可以得出如下结论:

- 1) DF 文件开发者需逐一绘制符号,工作量巨大;
- 2) 符号库需包含每种颜色、样式的符号,符号库大而冗余;
- 3) 若 CDS 内核实现者将符号库预先创建在内存中,则会增加内存需求;
- 4) UA 控制逻辑的开发者在配置显示项时,符号类似、容易出错。

2 ARINC661 目标符号自定义显控方式研究与设计

2.1 总体设计方案

目标符号一般由如下几部分组成:

- 1) 本体部分,由圆、矩形、多边形等不同形状代表空中、地面等类型目标,通过填充与否表示是否处于被锁定状态;
- 2) 修饰部分,由短横、半圆等表示编队、雷达跟踪等属性;
- 3) 目标颜色,通过不同的颜色来辨别其所属的阵营。

目标符号的自定义显控方式采用先分解后组合的思想实现,为此设计了自定义窗体部件和显示项。定义阶段,DF 开发者分解所有目标符号并提取出 3 个符号索引库,生成 DF 文件;运行阶段,CDS 内核首先加载 DF 文件,在内存中创建预定义符号库以及窗体部件库,其中自定义窗体部件中包含了 3 个符号索引库的信息。加载完成后,解析 UA 通过运行时的参数接口发送的自定义显示项配置指令,并根据索引库信息

组合出所需的目标符号。各目标符号由 1 个本体符号、可选的填充符号和若干个修饰符号组合而成。

2.2 符号索引库设计

图 3 为多种目标符号的示意图,分解后提取出如下 3 部分符号索引库。



图 3 多种目标符号示意图

Fig.3 Sketch map of multiple target symbols

- 1) 本体符号库,代表目标类型,如图 4 所示。
- 2) 修饰符号库,代表属性,如图 5 所示。
- 3) 填充符号库,形状与本体符号库一致,颜色为背景色。

3 个符号库相互独立,其本质为存储符号 ID 的索引库,对绘制信息的描述仍包含于系统预定义符号库中,仅需在自定义窗体部件中设置索引库信息。



图 4 本体符号库

Fig.4 Basic symbol library



图 5 修饰符号库

Fig.5 Decorator symbol library

2.3 定义时参数接口设计

根据 ARINC661 规范可自定义设计的特性,可以定制一个窗体部件,其定义时的参数接口仅需在 A661_MAPHORZ/VERT_ITEMLIST 的基础上增加几个符号库的设置信息即可。

新增定义时参数结构如表 1 所示。

表 1 新增定义时参数结构表

Table 1 New definition structure

参数名	类型	大小/bit	说明
Number Of Bottom Symbols	ushort	16	填充符号的数量
Bottom Symbol Array[Number Of Bottom Symbols]	{ ushort } +	16	填充符号库信息
Number Of Basic Symbols	ushort	16	本体符号的数量
Basic Symbols Array[Number Of Basic Symbols]	{ ushort } +	16	本体符号库信息
Posx Array[Number Of Basic Symbols]	{ ushort } +	16	修饰符号绘制基准点坐标 X
Posy Array[Number Of Basic Symbols]	{ ushort } +	16	修饰符号绘制基准点坐标 Y
Number Of Decorators	ushort	16	修饰符号的数量
Decorator Symbol Array[Number Of Decorators]	{ ushort } +	16	修饰符号库信息

表中: Number Of Bottom Symbols, Number Of Basic Symbols 和 Number Of Decorators 为填充符号、本体符号和修饰符号的数量,取值范围 $0 \sim 2^{16}$ 。修饰符号的数量应不大于 16,超出时需扩充运行时参数接口的修饰符号控制标志; Bottom Symbol Array[Number Of Bottom Symbols], Basic Symbols Array[Number Of Basic Symbols] 和 Decorator Symbol Array[Number Of Decorators] 为填充符号库、本体符号库和修饰符号库的设置信息,由 $1 \sim \text{Number Of XXX}$ 的索引值对应的符号 ID 组成; Posx/Posy Array[Number Of Basic Symbols] 为每个索引值对应的本体符号的绘制基准点坐标,用于确定修饰符号绘图位置。

2.4 运行时参数接口设计

运行时的参数接口与协议中相同,仍调用 Buffer Of Items 进行显示项的配置,仅需增加一个自定义显示项类型即可,其结构如表 2 所示。

表 2 自定义显示项参数结构表

Table 2 User-defined display item structures

参数名	类型	大小/bit	说明
Item Index	ushort	16	显示项编号
Item Type	uchar	8	A661_SYMBOL_COMPOUND
End Flag	uchar	8	结束标志
Color Index	uchar	8	颜色索引值
Bottom Symbol Index	uchar	8	填充符号索引值
Basic Symbol Index	uchar	8	本体符号索引值
Unused Pad	N/A	8	
Decorator Flag	ushort	16	修饰符号控制标志
Length	ushort	16	目标速度
X	Dependent on Map Data Format	32	显示项位置 X
Y	Dependent on Map Data Format	32	显示项位置 Y
Orientation	fr(180)	32	与北向的夹角

表中: Item Index 为显示项的编号值,用于确定区别 Buffer Of Items 中的所有显示项; Item Type 为显示项

类型,即 A661_SYMBOL_COMPOUND; End Flag 为是否结束标志; Color Index 为颜色预定义索引值,用于控制该显示项的颜色,其优先级遵循 ARINC661 协议; Bottom/Basic Symbol Index 为填充符号、本体符号的索引值,根据 DF 中的设定信息发送; Length 为目标的速度值; X/Y 为绘制目标符号的参考坐标; Orientation 为目标符号与北向的夹角,以确定符号旋转的角度; Decorator Flag 为修饰符号控制标志。按位使用,从低到高分别对应修饰符号库中索引号为 1~16 的修饰符号,1 为显示,0 为隐藏。该标志可扩充,当修饰符号多于 16 时,可扩充标志的数量。

3 系统仿真与性能比较

3.1 系统仿真测试

本文仿真实验在 Windows 操作系统下进行, CDS 部分的实现采用本文自主研发的基于 ARINC661 的座舱显控系统内核软件生成动态链接库, UA 部分通过手写代码实现。

设置本体符号库如下: 圆形代表空中目标, 索引号为 1; 矩形代表地面目标, 索引号为 2; 五边形代表海面目标, 索引号为 3; 带锯齿的三角形代表轰炸机, 索引号为 4; 飞机符号代表本机, 索引号为 5。填充符号库及修饰符号库的设定与之类似。

以图 6 中本机符号为例, 显示项配置信息如下。

Item Index: 7。

Item Type: A661_SYMBOL_COMPOUND。

End Flag: False。

Color Index: 2 (颜色索引, 本例中为绿色)。

Bottom Symbol Index: 5 (填充符号库中本机符号索引)。

Basic Symbol Index: 5 (本体符号库中本机符号索引)。

Decorator Flag: 00001001 (配置编队为 1; 开干扰为 4; 将控制标志的对应位置 1)。

Length: 800 (速度对应的显示长度)。

X/Y: 0/0 (显示位置)。

Orientation: 30° (fr(180))。

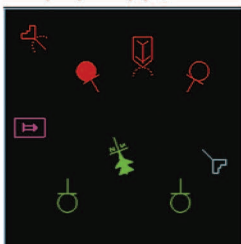


图 6 仿真结果

Fig. 6 Simulation result

其余符号的配置指令类似, 运行后即可得到图 6 中的仿真结果。

3.2 各种实现方式性能比较

考虑如下情况, 本体符号库如图 4 所示, 修饰符号库如图 5 所示, 且有 5 种颜色区分阵营。令 N_1 表示填充符号数, 本文中设为 4; N_2 表示本体符号数, 本文中设为 9; N_3 表示修饰符号数, 本文中设为 5; N_4 表示颜色数, 本文中设为 5; M_1 表示单个符号内存使用量; M_2 表示画面中目标符号数, 本文中设为 100; M_3 表示单个显示项组成符号数。假设 CDS 会在内存中为每个显示项预留 24 Bytes, 以存放 UA 配置指令中的信息。符号库中每个符号的内存使用量虽然不同, 但因符号数量差距悬殊, 故可以忽略。理论上, 各实现方式的性能如下。

1) 原规范中单一显示项方式。

DF 开发者需绘制 $N_2 \times N_4 \times 2^{N_3} = 1440$ 个符号; 预定义符号库所需内存为 $N_2 \times N_4 \times 2^{N_3} \times M_1 = 1440 \times M_1$ Bytes; CDS 为配置指令预留内存为 $M_2 \times 24 = 2400$ Bytes; UA 与 CDS 之间通信指令的大小为 $M_2 \times 24 = 2400$ Bytes。

2) 原规范中多显示项组合方式。

DF 开发者需绘制 $(N_2 + N_3) \times N_4 = 70$ 个符号; 预定义符号库所需内存为 $(N_2 + N_3) \times N_4 \times M_1 = 70 \times M_1$ Bytes; CDS 为配置指令预留内存为 $M_2 \times M_3 \times 24 = 2400 \times M_3$ Bytes; UA 与 CDS 之间通信指令的大小为 $M_2 \times M_3 \times 24 = 2400 \times M_3$ Bytes。

3) 自定义显控方式。

DF 开发者需绘制 $N_1 + N_2 + N_3 = 18$ 个符号; 预定义符号库所需内存为 $(N_1 + N_2 + N_3) \times M_1 = 18 \times M_1$ Bytes; CDS 为配置指令预留内存为 $M_2 \times 24 = 2400$ Bytes; UA 与 CDS 之间通信指令的大小为 $M_2 \times 24 = 2400$ Bytes。

采用自定义显控方式进行开发后, DF 开发者需绘制的符号数由 1440 个减少到 18 个; 符号库内存使用量由 $1440 \times M_1$ Bytes 减少到 $18 \times M_1$ Bytes; CDS 预留内存无需扩增; UA 与 CDS 之间的交互指令无需增加。

故使用本文中自定义方案可以在改动尽可能少的情况下, 实现复杂目标符号的显控, 且可明显减少 DF 开发者的工作量, 缩小预定义符号库进而减小了 DF 文件, 同时也不会增加 CDS 内存占用量, 并且不影响 UA 与 CDS 之间的通信效率。

4 总结

本文基于 ARINC661 规范, 结合实际应用需求, 就其在战机座舱显控系统应用中出现的目标符号实现方式繁琐冗余的问题进行研究, 设计了一套解决方案。

该方案充分利用规范开放性、可扩展性的特点,设计了自定义窗体部件及其参数接口,并设计了一种新的显示项类型,它能依据 DF 文件中的设置信息以及 UA 指令中的配置信息,组合出复杂的目标符号。该设计已应用于某先进飞行仿真实验室座舱仿真平台。实践证明,该设计合理,运行可靠,在不增加 CDS 内存占用率和通信指令的基础上,大大减小了预定义符号库以及 DF 开发者的工作量,同时也便于后期维护,且安全、高效。

随着综合化航空电子系统飞速发展,基于 ARINC661 的座舱显控系统将会应用于越来越多型号的飞机,本文研究设计的基于 ARINC661 的座舱显控系统目标符号显控方案,将为今后座舱显控技术的研究提供有效的参考。

参考文献

- [1] Airlines Electronic Engineering Committee. ARINC661-5 cockpit display system interfaces to user systems[S]. Annapolis: Aeronautical Radio, INC, 2013.
- [2] BARBONI E, NAVARRE D, PALANQUE P, et al. A formal description technique for interactive cockpit applications compliant with ARINC specification 661[C]//The 2th International Symposium on Industrial Embedded Systems, 2007:250-257.
- [3] 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(3):46-51.
- [4] 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(4):31-33.
- [5] 周德新,张婧瑜.基于 ARINC661 规范的平视显示器显示技术研究[J].计算机测量与控制,2015,23(3):927-929,932.
- [6] NAVARRE D, PALANQUE P, BASNYAT S. A formal approach for user interaction reconfiguration of safety critical interactive systems[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2008, 5219:373-386.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [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.
- [10] 杜晓玉,孙力娟,郭剑,等.异构无线传感器网络覆盖优化算法[J].电子与信息学报,2014(3):696-702.
- [11] 肖甫,王汝传,孙力娟,等.一种面向三维感知的无线多媒体传感器网络覆盖增强算法[J].电子学报,2012,40(1):167-172.
- [12] 顾晓燕,孙力娟,郭剑,等.一种有向传感器网络改进粒子群覆盖增强算法[J].重庆邮电大学学报:自然科学版,2011,23(2):214-219.
- [13] LI Z M, LEI L. Sensor node deployment in wireless sensor networks based on improved particle swarm optimization[C]//IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Chengdu, 2009:215-217.
- [14] HUANG Z H, LU T J. A particle swarm optimization algorithm for hybrid wireless sensor networks coverage[C]//IEEE Symposium on Electrical & Electronics Engineering (EEESYM), 2012:630-632.
- [15] 张轮,陆琰,董德存,等.一种无线传感器网络覆盖的粒子群优化方法[J].同济大学学报:自然科学版,2009,37(2):262-266.
- [16] 潘泉,程咏梅,梁彦,等.多源信息融合理论及应用[M].北京:清华大学出版社,2013:77-81.

(上接第 44 页)

- [5] YUAN H Y, LIU W Q, XIE J S. Prolonging the lifetime of heterogeneous wireless sensor networks via non-uniform node deployment[C]//International Conference on Internet Technology and Applications (iTAP), 2011:1-4.
- [6] HU N, WU C D, JI P, et al. The deployment algorithm of heterogeneous wireless sensor networks based on energy-balance[C]//The 25th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2013:2884-2887.
- [7] GAO J J, ZHOU J P. Delaunay-based heterogeneous wireless sensor network deployment[C]//The 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2012:1-5.
- [8] 李明,石为人.虚拟力导向差分算法的异构移动传感器网络覆盖策略[J].仪器仪表学报,2011(5):1043-1050.
- [9] YOON Y, KIM Y H. An efficient genetic algorithm for maximum coverage deployment in wireless sensor networks[C]//IEEE Transactions on Cybernetics, 2013:1473-1483.