

机载显示软件 DF 验证方法

Verification Method of DF for Airborne Display Software

李建平 / Li Jianping

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

对 A661 机载显示软件中的 DF 文件的原理和验证机理进行了分析,并提出了一种新型的 DF 验证方法。该方法基于自动化分析技术,能够提供基于数据的验证结果,为机载显示软件研制人员提供了一种客观、高效的 DF 验证方法。

关键词:显示系统; A661; DF; 验证

中图分类号:V247

文献标识码:A

[Abstract] This paper makes a deeply analysis on the principle of DF and its verification, and provides a new kind of verification method. Based on the auto-analysis technology, the method can provide the verification result based on the data, and also submit an impersonal and efficient method of DF verification to the researchers for the airborne display software.

[Key words] display system; A661; Definition File (DF); verification

0 引言

A661 架构是目前机载显示系统中快速推广的一种架构,定义文件(Definition File,简称 DF)是 A661 机载显示软件的画面定义文件,大部分图形需求都是通过 DF 来实现的。对于 A661 机载显示软件来说,只有对 DF 进行有效验证,才能保证软件正确地实现了图形需求。但是,目前国内外还没有客观的、自动化的 DF 验证方法,通常需要对 DF 进行大量的人工评审,一方面费时费力,另一方面也无法提供客观的验证结果。因此有必要研究、开发一种高效、客观的验证方法,以保证民航 A661 机载显示软件研制的顺利进行。

1 A661 显示系统简介

现代民用运输机的显示功能越来越复杂,如果采用传统的机载显示系统架构,会导致软件的研制工作量巨大,无法适应型号研制周期的要求。因此,新型的用户应用(User Application,简称 UA)+驾驶舱显示系统(Cockpit Display System,简称 CDS)的

架构逐步成为主流的机载显示系统架构。ARINC 661 规范对这一架构做出了详细的定义,因此,这一架构又称为 A661 架构,采用这一架构的机载显示软件统称为 A661 机载显示软件。

UA 是显示系统的逻辑处理部分,通过向 CDS 发送消息来控制画面的显示,通常驻留在专有处理单元或者 IMA 中。CDS 根据 UA 的指令生成画面显示内容和窗体部件(widget)的效果,并将其显示在显示器上。CDS 通常驻留在显示单元(Display Unit,简称 DU)中。DU 是有处理能力的显示器,里面驻留负责显示处理的应用。图 1 说明了 A661 机载显示系统的原理。

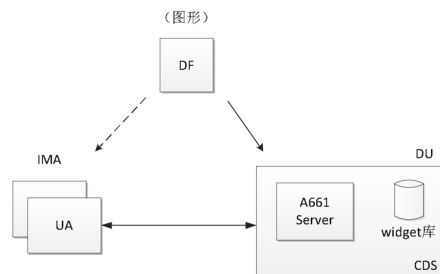


图 1 A661 机载显示系统原理

A661 架构的显示系统运行可以划分为两个阶段:

(1)定义阶段:CDS 加载并解析 DF,根据 DF 的信息生成全部的 widget 实例,为其分配 CDS 内存,并生成 widget 的层级结构(树);

(2)运行时阶段:UA 与 CDS 使用 A661 运行时命令动态交换数据。

从 A661 架构的原理可以看出,DF 是显示系统中一种重要的图形数据定义文件。DF 包含用户应用的层定义(User Application Layer Definitions,简称 UALD)。UALD 描述了 UA 与驾驶舱显示系统之间的共享数据^[1]。在 DF 文件中,树形结构被串行化成二进制的数流,在 CDS 启动时,通过对 DF 的解释实现对窗体部件树形结构的初始化,用户可以通过改变 DF 文件来实现对界面外观的更改,而 CDS 软件本身无需做任何改动^[2]。

在定义阶段,DF 详细说明了窗体部件接口定义,并提供预编译信息,其主要目标在于将静态的窗体部件驻留在 CDS 内存中,避免动态内存的占用,减少系统通信总线的负担^[3]。通过使用 DF,很好地解决了机载显示软件中 UA 与 CDS 之间数据交换问题。通过 DF 作为 UA 与 CDS 之间的接口,允许 UA 和 CDS 同步进行研制,可以大大缩短显示系统的研制周期。

2 常见 DF 验证方法

DF 是一种静态数据定义文件,不会主动运行。常见的 DF 验证方法有以下 2 种。

1)基于测试的方法:测试人员根据需求设计测试用例,并且通过将 bin 格式的 DF(以下简称 DF bin)加载到 DU 中,使用测试程序来驱动画面,测试人员通过目视的方式检查画面的正确性。

其优点为:

(1)验证效率高,可以便捷地复现验证过程和结果,适合工程开发阶段进行快速迭代式开发;(2)测试是基于目标机环境,测试的结果能够反映机载环境的运行效果。

其缺点是:

(1)测试人员只能定性地检查画面,测试结果依赖于测试人员的主观判断,不同的测试人员可能会产生不同的测试结果。为了保证测试结果的正确性,必须安排足够数量的测试人员进行测试,并对测试结果

汇总和分析,才能产生最终的结论,因此,测试成本较高;(2)只能保证 DF 覆盖了画面需求,但是不能发现 DF 中包含的需求之外的多余内容,验证不够完整;(3)DF 的显示效果受 CDS 硬件和软件(如 A661 Server)的影响,在 CDS 不成熟的情况下,画面的显示效果与真实的目标机环境有差异,从而影响测试人员对显示画面正确性的判断。因此,会导致机载显示软件的研制受到 CDS 研制进度的影响。

2)对 xml 格式的 DF(以下简称 DF xml)进行评审和分析。DF xml 是用 DF 编译工具从显示画面工程文件生成来的。验证人员通过对 DF xml 的内容进行评审来验证 DF 的正确性。

其优点为:(1)DF xml 易于使用读取,不需要额外工具的支持;(2)可以方便地将 DF xml 的内容转换成易于使用的格式进行评审。

其缺点是:(1)DF 中所包含的数据巨大并且复杂,需要花费大量的人力和时间;(2)需要通过其它的验证活动来保证 DF xml 与 DF bin 内容的一致性。

3 新型 DF 验证方法

3.1 DF 验证的目标

DF xml 是用 DF 生成工具从显示画面工程文件生成的,同时生成的是 DF bin,即加载到 CDS 中的 DF。如果要证明 DF 是正确的,必须满足 2 个充分必要条件:(1)DF bin 的格式是正确的;(2)DF xml 的内容实现了需求的覆盖。

此外,还要满足另一个必要条件:DF bin 与 DF xml 的内容是一致的。

从上面三个条件可以得到 DF 的三个验证目标:(1)DF bin 是否符合要求的格式;(2)DF bin 的内容与 DF xml 的内容是否一致;(3)DF xml 的内容是否覆盖了需求。

实现了上述三个目标,就能够保证 DF 验证的完整性,从而确保验证结果的可靠性。本文提出了新型的 DF 验证方法,通过一系列的验证活动来保证满足这三个目标。

3.2 验证 DF bin 的格式

本项验证的目的是为了满足 DF 验证目标(1)。DF bin 是机载环境中 CDS 使用的 DF 格式,是用 DF 生成工具从显示画面工程文件生成的,采用二进制编码。要保证显示定义的正确性,首先要保证 DF bin

符合 CDS 规定的格式要求。这就需要进行 DF bin 格式的验证。由于 DF bin 是二进制文件,无法人工对 DF bin 的格式进行检查,因此,需要开发专门的 DF bin 格式检查工具。这种工具通常是由 DF 生产工具供应商提供,也可以由 CDS 供应商提供。DF 检查算法可以使用 CDS 中的 DF bin 格式检查算法。

3.3 验证 bin 格式 DF 与 xml 格式 DF 内容的一致性

本项验证的目的是为了满足 DF 验证目标(2)。验证 bin 格式 DF 与 xml 格式 DF 内容一致性的目标是要发现两种格式 DF 所定义的内容的差异,例如:对同一 symbol 的定义,如果两种格式 DF 所包含的属性数量、属性种类、属性值不一致,则两种格式的 DF 就存在内容不一致。为了发现这种内容上的不一致,需要首先从两种格式的 DF 中提取其所包含的显示画面定义信息,然后对这些信息进行比对。图 2 说明了两种格式 DF 内容一致性检查的算法。

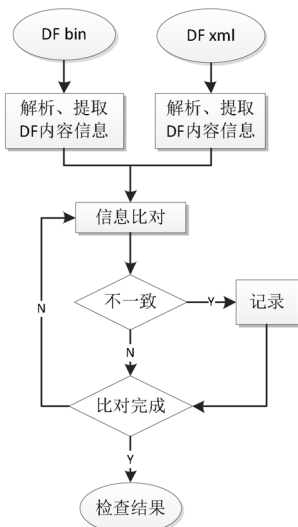


图 2 DF xml 与 DF bin 内容一致性检查算法

3.4 验证 DF 对需求的覆盖

在完成上面验证的基础上,需要验证 DF xml 的内容是否实现了对需求的覆盖。这种需求覆盖检查需要满足 2 个目标:(1)DF 实现了所有的需求;(2)DF 中没有包含需求之外的不合理的内容。

通过验证 DF xml 对需求的覆盖,可以实现 DF 验证目标(3)的要求。传统的方法是通过人工评审来验证 DF 对需求的覆盖。本文提出了一种新型的自动化 DF 需求覆盖验证方法,该方法使用规范化的需求作为输入,借助开发的验证工具软件,对 DF xml 进行分析,生成最终的需求覆盖分析结果。

需求规范化的目的是要将文字描述的需求转换成适合自动解析的格式。要进行需求规范化,首先要根据需求和 DF xml 的结构,设计需求规范化规则。该规则如下:(1)需求中属性的名称与 DF 中相同属性的名称一致;(2)属性的单位与 DF 中相同属性的单位一致;(3)属性值的表示方式与 DF 中属性值的表示方式一致,如:字体大小用 2 来表示 M。

表 1 是转换成 Excel 格式的规范化的需求样例。

表 1 规范化需求样例

ReqID	Name	PrpNm	PrpVl	PrpCmt	PrpNm	PrpVl	PrpCmt
97812	V Speed Comparator Annunciation	PosX	-1.8	单位: inch	PosY	0.751	单位: inch

规范化的需求会转换成检查规则,基于这些规则对 DF xml 进行检查,找出其中不符合需求的定义内容。同时,通过检查会发现多余的 DF xml 定义。最终,根据检查的结果生成 DF 需求覆盖分析结果,其中包含了 DF xml 对需求的实现率数据、DF xml 内容定义的错误、DF xml 超出需求范围的定义等。这样的分析数据,可以作为 DF 修改的依据,用于指导对画面设计的修改。

4 结论

目前,国内外对 DF 的验证通常采取人工评审和分析的方法来进行验证,容易产生人为错误。本文在对 ARINC 661 规范和机载显示系统软件架构以及机载软件验证方法进行深入分析、研究的基础上,结合长期工程实践积累的数据,对 DF 的原理和验证机理进行了全面的分析和研究,提出了一种基于数据分析的客观的验证方法。该方法可以大大提高验证工作的效率和质量,满足 A661 机载显示软件研制的要求。

参考文献:

- [1] ARINC SPECIFICATION 661-4, Cockpit Display System Interfaces to User Systems [Z]. America: Aeronautical Radio, 2010.
- [2] 许伟武. 航空电子系统的现状和发展前景[J]. 自动化博览, 2001, 18(2): 19-21.
- [3] 曹猛. 开放式座舱显示设计平台的研究与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.