

基于联邦架构的数据总线应用

秦 岭*

航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 710089

摘 要: 航空数据总线技术是飞机航空电子综合化最重要的关键技术之一, 航空电子系统性能直接决定着飞机性能的优劣, 随着通用总线技术的发展以及航空电子系统综合化程度的进一步提高, 总线技术在航空电子系统中的作用日益重要。总线通信以其传输速率高、数据吞吐量大、可极大减少机上导线数量从而减轻飞机自重等优点, 在现代飞机上获得广泛应用, 作为传输信息指令的公共路径, 数据总线俨然已成为航空电子系统的“中枢神经”, 通过数据总线可以实现飞机上各传感器之间, 以及各子系统之间的数据通信, 最终达到信息共享和功能综合的目的。

关键词: 总线; 数据通信; 联邦架构; 航空电子系统

一、概述

现代战争中, 战场信息的全方位收集、高速有效地传输和处理是大幅度提高飞机综合作战效能及取得战争主动权和胜利的关键^[1]。自20世纪70年代以来, 计算机技术、控制技术、电子技术等都有了长足的发展, 这些技术推动了航空电子综合化的进程, 为实现飞机上各执行功能单元与子系统之间的信息传递与功能综合, 应用总线来实现是一个完美的解决方案。

二、数据总线的特点及其应用

联邦架构 (federated architectures) 由一些相互连接但功能却相互独立的子系统组成, 数据总线是联邦架构系统的基本实现技术^[2], 由于联邦架构源于单个独立子系统设计, 有着广泛可靠的产品供应基础, 设计风险最小, 成本最优, 因此成为现役飞机系统集成的标准结构。总线的基本功能是数据通信, 数据通信的过程是两个或多个节点之间借助于传输介质以二进制形式进行信息交换的过程, 将数据准确、及时地传送到正确的目的地, 是数据通信系统的基本任务^[3]。总线技术起源于航空电子系统的综合化, 历经几十年的发展, 飞机航空电子系统对总线的性能提出了越来越高的要求, 其传输协议和系统结构都发生了深刻的变化, 从点对点的拓扑结构到总线、再到交换网络, 新的总线技术应用越来越广泛, 功能越来越强大。

随着现代飞机要完成的任务越来越复杂, 作为飞机的重要组成部分, 航空电子系统凸显出越来越重要的作用, 总线作为传输媒质在信源 (诸如各类传感器) 与信宿 (机载计算机等) 之间进行信息的传递与交换。总线是传输信号的公共路径, 各节点在总线上遵循着相同的技术规范与传输协议, 数据通信是总线系统的基本功能, 通过总线可以完成数据信息的多路传输并允许数据和计算结果共享, 因而将会减轻系统的重量并保证所有连接到总线上的分系统能使用统一的数据库, 同时多路传输亦能优化航空电子系统设计, 根据不同类型飞机的技战术特点, 可以选择相应的总线类型与飞机设计需求相匹配。

三、数据总线的适用范围及设计要求

自从有人驾驶的动力飞机问世以来, 飞行安全要求一直是飞机设计的最高目标, 其他所有的设计目标都要服从于这项最高的目标^[4]。在民用航空领域中, 把乘客安全的送达目的地始终是民用客机设计的最为关注的目标, 其飞行的经济性、舒适性和正点运行虽然同样也是重要的目标, 但相对于飞行安全而言, 这些都处于次要的地位; 在军用领域中, 除飞行安全性的目标要求之外, 还有完成飞行任务的目标要求, 在军用设计规范中, 这两项目标是并列的。早期采用机械操纵系统的运输机和轰炸机甚至歼击机其飞行包线并不大, 仅靠气动布局设计所得到的自身稳定性已能够满足当时的飞行要求, 随着飞行任务日趋复杂化, 驾驶员利用机械杆系操纵飞机变得越来越困难, 此时将驾驶员操纵装

* 通讯作者: 秦岭, 1980年4月, 男, 汉族, 重庆人, 现任航空工业第一飞机设计研究院工程师, 硕士。研究方向: 航电系统集成。

置所发出信号转换成电信号，通过电缆直接传输到自主式舵机的电传操纵系统应运而生^[5]。现代电传操纵飞机的一般性设计要求可归纳如下。

(一) 功能要求

具备人工与自动飞行控制功能。

(二) 性能要求

满足所属类型飞机操纵稳定性设计要求。

(三) 四性要求

适合所属类型飞机的测试性(例如BIT)设计要求、可靠性(如平均故障间隔飞行时间MFHBF)设计要求、安全性(I类、II类功能故障的发生概率)设计要求、维修性与综合保障性设计要求。

(四) 冗余度要求

保证有多重(套)系统可以执行同一项工作任务。

(五) 生存力要求

针对军机的战斗损伤及被击中概率的设计要求。

四、设计实例分析

数字电子技术的进步促进了一些非常复杂子系统的发展，虽然仍注重功能的独立，但能够通过总线连接实现信息共享，这正是基于联邦架构总线设计的优势之一。在几种常用的数据总线中，按传输能力可分为两类，一类是最大传输速率在1~2 Mbps的数据总线；另一类是50~100 Mbps的高速数据总线。在军用数据总线方面，MIL-STD-1553B是应用时间最早、最为持久、生命力最顽强的总线技术，它为适应军事的需要而提出，具有很高的可靠性和灵活性，加之技术比较成熟，所以应用非常广泛，不论是运输机、轰炸机、歼击机、预警机、直升机甚至飞机与挂载导弹之间的数据通信都采用该总线技术^[6]。1553B总线传输介质采用屏蔽双绞线，节点耦合的方式有直接耦合与变压器耦合，数据传输采用曼彻斯特II型码，典型传输速率为1 Mbps，传输字长为20位，其中数据有效长度为16位，字的前三位是同步字头，最后一位是奇偶校验位，传输协议为命令/响应方式，故障容错采用典型的双冗余方式即实际使用中第二条总线处于热备份状态。MIL-STD-1553B广泛应用于军用飞机的总线结构，所有传输均由中央控制器严格控制，其主要功能是为所有连接到总线上的航空电子系统提供综合化、集中式的系统控制和标准化接口，经过四十多年的研究与应用，已经成为第二、三代作战飞机的主流总线结构^[7]。由于具有较高的作战耐损性和可靠性，特别适合在关键的计算模块与实时传感器和控制器之间互连应用，该总线技术首先运用于美国空军的F-16战斗机，其后的F-18、B-1、RAH-66等均使用这种总线^[8]。如下图1所示为国外某型飞机系统内部交联结构示意图。

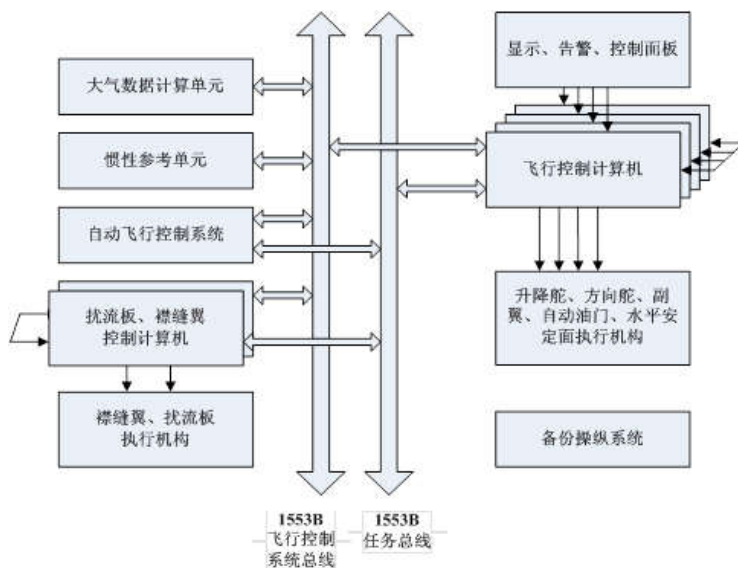


图1 国外某型飞机系统内部交联结构示意图

飞机采用四余度飞控计算机对副翼、方向舵、升降舵等关键操纵面进行控制，辅助飞行控制系统采用两余度计算机，对襟缝翼等辅助操纵面进行控制，余度计算机间直接采用交叉数据链进行信息共享。由于飞控系统必须具有很高的完整性及安全性（为飞机功能的最高级别飞行级），因此在选择飞控系统总线时着重考虑关键模块之间互联的可靠性，故飞控系统内部即主飞控计算机、自动飞控计算机、襟缝翼控制计算机之间通信选用1553B总线作为独立的内总线。

五、结束语

数据总线的出现和发展是由电子科学和系统工程的技术进步来推动的，是计算机技术、控制技术、网络通信技术和电子技术等工程科学的交叉与融合。现代飞机中各系统之间依靠总线来实现数据通信，通过总线完成数据信息的多路传输并允许数据和计算结果共享，联邦架构由于边界定义明确，从商业和技术诸角度看有着明显的优势。飞机上各系统角色分工不同，执行的任务不同，对信息传输的要求也各有差异，针对上述要求，我们应合理分析、强化论证、充分借鉴，结合前文所述内容对利用好、驾驭好基于联邦架构的数据总线技术，对飞机航电系统的设计有重要的参考意义。

参考文献：

- [1]蒲小勃.现代航空电子系统与综合.北京:航空工业出版社, 2013.
- [2]熊华钢,周贵荣,李峭.机载总线网络及其发展[J].航空学报, 2006(6).
- [3]MIL-STD-1553 Designer's Guide. Data Device Corporation, 1998.
- [4]MIL-STD-1553 Tutorial. Condor Engineering, Inc. 2005.
- [5]支超有.机载数据总线技术及其应用.北京:国防工业出版社, 2009.
- [6]寇明延,赵然.现代航空通信技术[M].北京:国防工业出版社, 2011.
- [7]Kowal Brian W,Scherz Cart J, Quinlivan Richard. C-17 Flight Control System Overview. IEEE AES MAGAZINE. 1992.
- [8]赵永库.新一代航空电子总线系统结构研究[J].航空计算技术, 2005(3).