

航空 CIMS 集成支撑平台设计

黄双喜 范玉顺

清华大学自动化系 100084 北京

1. 引言

集成平台技术是近年来用于企业信息系统集成的一种先进的计算机软件技术,它的设计与开发目的是充分利用信息技术,实现企业内和企业外不同信息系统之间的交互和协调,解决企业由于应用系统的不同而造成的“信息孤岛”,支持企业快速、高效实施资源共享^[1]。随着企业信息化程度的不断发展,IT 技术已渗透到企业的各个方面,从财务、办公自动化、设计、制造一直到企业决策和管理。企业集成已不再是不同软件之间的简单互联,而是企业实现其内部和外部信息环境中不同数据、应用、业务流程和服务共享和协作的方法和过程。而企业集成平台则是支持该过程的一个软件平台,它为企业提供一个统一的集成环境和相应的集成服务。通过集成平台,可以使分散的 IT 系统通过一个单一的公共平台,以可管理、可重复的过程实现集成。集成平台通常用在具有复杂信息环境,且具有复杂信息关联的 IT 型企业和行业中。航空企业/行业可以说是这种情况的典型代表。在航空领域,飞机设计制造一直都是一项非常复杂的工程,它是由多团队、多领域、多厂所共同参与开发,涉及大量的信息系统,并且需要在严格的流程管理控制下实现这些信息系统之间交互和协作,以支持并行、协同的飞机设计与制造。波音 DCAC/MRM 项目 1994 年调查表明,波音在其飞机研制过程中,共涉及到 800 多个子系统、14 种 BOM 表和 30 多种变更管理。如此众多的系统和流程以及异构的数据需要一个统一的平台进行管理,因此波音实施了 DCAC/MRM 项目,希望建立一个统一的飞机数据管理平台,来实现飞机研制过程中数据和流程的管理与集成,在实施该项目后,飞机研制数据的访问准确性由 60%-70% 提高到了 99.7%。对于我国航空工业,在信息化领域也遇到了与波音类似的问题和挑战。国家和集团领导也清楚认识到了这一问题,前后实施了九五和十五航空 CIMS 工程。九五航空 CIMS 的实施使航空在 CIMS 的各类单项技术上取得了许多突破,为十五航空 CIMS 的实施奠定了良好的基础。而十五航空 CIMS 将以全机、全过程、全面采用数字化技术为方向,针对航空工业现代集成制造系统实施中的关键瓶颈问题和重大系统集成问题,提出具有国际先进水平的系统整体解决方案,构建航空工业现代集成制造系统基本框架,开展面向产品和过程综合管理的集成平台构建技术、协同商务/业务技术和虚拟制造技术等攻关,建立支持飞机异地协同研制的航空 CIMS 集成支撑平台,开发具有自主知识产权的专业应用软件系统,促进航空工业创新管理机制的形成,推动航空大集团战略布局调整和资源优化整合,提高复杂高技术产品——飞机的研制水平和快速应变能力;为航空工业全面实施现代集成制造系统打下坚实的基础^[2]。该项目的主要难点和创新性在于复杂大系统的构建理论与方法以及复杂系统集成技术及平台的研究和开发上。

本文将从国内外集成平台的产品和技术现状以及发展趋势入手,根据航空 CIMS 集成支撑平台的需求,确定航空 CIMS 集成支撑平台的参考体系与结构,在理论和方法上为航空 CIMS 的实施提供支持。

2. 企业集成方式研究

根据企业不同的集成需求,企业可能在不同的层次,采用不同的方式来实现集成。目前,国内外集成平台所采用的集成方式主要包括面向信息的集成、面向过程的集成、面向应用的集成和面向服务的集成^[3]:

1) 面向信息的集成 (Information-oriented integration, IOI)

面向信息的集成重点解决不同应用和系统之间接口级的转换以及数据交换。特点是低成本和点到点固定应用信息集成。这是目前企业内集成应用的常用方法。其所用方法包括: 数据复制(Data Replication): 是最简单和常用的一种方法。它直接从一个应用数据源中拷贝出所需数据并复制到平台或其它应用系统中。特点是简单低成本, 易于实施。但是需要对系统业务内部深入了解, 并面向固定应用; 数据邦联 (Data Federation): 将多数据库邦联集成为一个统一视图虚拟的数据库。数据邦联需要建立一个中间件层次来邦联各个分布式数据库和应用。这个中间层在后台真实数据库和虚拟数据库之间建立一个映射。特点是通过单一的预定义的邦联接口访问各类应用 DB, 仍然使用方便的操作语言, 而无须改变源数据和应用; 面向接口集成: 主要用来集成企业通用套件如 PDM、ERM、SCM 等客户化应用。具体实现是通过集成代理 (broker/agent) 使用适配器 (adapter)。这些适配器可以是基于消息的中间件 (MOM)、DBMS、文件系统等。

2) 面向过程的集成 (Process-oriented integration, POI)

面向过程的集成重点面向供应链网络企业解决以业务流程 (Process flow) 为核心的企业集成问题。POI 通过过程集成模型决定如何进行交互和业务的处理。并对企业业务过程的状态和性能进行实时监控, 并通过过程可视化工具对企业业务流程进行配置和管理。同时 POI 还以业务流程为核心, 通过业务过程和其它资源的绑定, 实现企业相关资源、应用和服务的深层次集成。同时面向过程的集成还可以针对跨企业供应链, 实现企业间业务过程的共享和集成。

3) 面向应用的集成 (Application-oriented integration, AOI)

面向应用的集成主要面向企业不同应用系统之间的集成和管理。目前主要是通过专用应用接口开发来实现不同应用系统之间的互连。面向应用集成的企业集成平台一般还提供应用集成服务配置与管理、企业应用解决方案的虚拟仿真与动态配置、应用系统的 Web 封装及被集成的应用系统的可视化管理等服务。目前, 企业应用集成主要有点到点方式、总线方式和端到端集成等几种方式。

4) 面向服务的集成 (Service-oriented integration, SOI)

基于服务的集成是目前最为先进的一种的企业集成方法。它允许动态的应用集成和具有公共业务逻辑的大规模伸缩性。它可以通过 INTERNET, 或者分布式服务器、中心服务器提供访问的方法。企业和用户可以通过标准的接口和一些公共服务来发现、描述和使用这些共享的系列服务。“Web services”是目前最为流行的一种服务集成方式。“Web services”依照 UDDI 标准通过名字和目录来定位服务, 服务描述使用 WSDL 语言规范, 而这些消息对象采用 SOAP 标准协议。WEB 服务可以广泛应用在网络化供应链企业的协作中, 与传统基于对象和组件的服务提供方式相比, WEB 服务具有更加灵活和轻型的构建方式。基于 WEB 服务, 企业可以实现企业内部各种资源的深层次集成和整合, 它使不同的客户可以透明的访问到企业的资源, 获得相应的服务。

3. 集成平台研究现状

3.1 集成平台技术现状和发展趋势

随着 Internet 技术和电子商务的迅速发展, 企业集成平台技术的研究重点和方向也发生了一些变化, 主要表现在:

- 从企业内集成扩展到企业间集成; 网络化协作已经成为了企业应对全球竞争的一种运作方式。网络化协作要求合作企业间的信息、流程和应用等资源的实现有效的集成。单纯的企业内部信息系统的集成已不能满足企业间合作的需要, 企业间合作需要的是跨企业集成。

- 从基于企业内部网络的集成到面向开放网络的集成：以前，集成平台主要是基于企业 Intranet 网络或 Extranet 网络，实现企业信息系统之间的互连和互操作。企业外部信息系统很难对企业内部网络资源进行访问。但网络化协作要求企业间信息系统可以实现共享和互操作，这就要求企业间协作必须建筑在一个开放的网络环境下，打破企业壁垒，实现跨企业协作。
- 从硬性集成到柔性集成：以往集成平台一般是通过开发固定的接口实现特定应用系统间的集成，而随着对象技术、分布式计算和 WEB 服务等新的软件技术的发展，我们就可以实现柔性的集成，应用系统可以通过插件的方式集成到现有应用系统中，而不用考虑运行环境的异构性。
- 从集成驱动向业务流程驱动的运行方式转变：对于协同商务模式下的集成平台，集成已不是最终目的，而只是一种支撑手段。其最终目的是实现企业间业务流程的共享和协作。因此，集成平台的运行管理应该以企业业务流程为核心，围绕企业业务流程。实现相关数据、应用和服务的集成。
- 从 2 层到 4 层集成：集成平台已从传统的 C/S 或 B/S 的两层集成方式中，将企业业务逻辑和显示逻辑分离出来，并以标准接口方式进行封装，形成现在的由客户层（浏览器、客户应用）表示层（WEB 服务器）业务逻辑层（工作流管理系统）和实现层（企业应用实现系统）所构成的一个四层结构。
- 从信息集成过渡到过程集成和服务集成：企业集成平台不只解决企业异构数据之间的交互和共享，同时它还要解决企业不同业务流程之间、流程与其支撑资源（人、软件、设备等）的信息集成和交互，最终，平台上面所有资源以服务方式进行封装，以统一的接口进行服务发布，从而是服务集成。

3.2 集成平台产品和应用现状及趋势

与集成平台技术发展相适应，国内外集成平台的产品和应用也发生了一些变化，表现在新特性、新功能加入、标准和规范的引入等几方面，主要包括：

- 基于标准和规范：现在的集成平台更注重开放性和标准化，在数据集成、应用集成和服务集成等方面相继引入许多通用的规范和标准。如在数据集成方面，有 STEP、XML 等；在应用集成方面有 CORBA、COM 等；在服务集成方面有 SOAP、UDDI 等，在流程集成方面有 WPD、WFSL 等。所有这些标准和协议都为企业集成提供了强有力的支持。
- 从后台运行到可视化操作：集成平台应是可定置的，用户可以通过一个可视化操作界面对平台的功能、结构和组成进行配置，并可以动态建立或改变平台服务构件之间的关联关系。如 IBM 的 ENOVIA 和 EDS 公司的 Teamcenter 都采用了 PORTAL 技术来提供一个可视化的用户访问界面，实现对平台各种服务的操作，同时作为企业内和外协作的主要的场所。
- 工作流管理功能的引入：跨企业的商业运作及快速变化的市场环境使不同企业的系统集成不能按照一个固定的、预先定义的规则进行。集成必须是可动态定义的、以可控的方式进行。工作流技术允许对复杂商业过程的管理和控制，许多集成平台厂商已经将工作流技术加入到它们的产品中，但还有许多集成平台产品没有工作流管理功能。
- 基于模型的集成与协调：目前，许多集成平台产品，特别是面向制造业的集成平台通常采用基于模型的集成方式来实现企业不同应用系统、不同阶段活动之间的集成与协调，它们一般通过建立一个全生命周期的集成主模型来实现对企业资源的统一定义和表示，同时定义一些规则和协议来实现模型的操作和控制。典型的有 ENOVIA 的 PPR 模型和 EDS 公司的 Teamcenter 的单一产品模型。

4. 航空 CIMS 集成支撑平台的需求

航空 CIMS 集成支撑平台应面向航空 CIMS 整体解决方案, 服务于航空 CIMS 总体规划和总体技术方案, 在总体解决方案的指导和基础上, 重点面向航空产品的设计与制造过程, 形成一套完整的、符合一集团需求的集成方案和框架, 并提出一套具体的实施和应用方案。该方案不仅要满足航空工业现在的需求, 还应考虑到航空工业未来 5 年的情况。其具体需求从集成层次、集成范围和集成的开放程度三个方面进行说明。

4.1 对集成层次的需求

首先, 航空 CIMS 集成支撑平台应能够支持三个层面上的集成:

- 操作级集成: 对具体产品零部件结构和数据的管理, 主要在设计所或制造厂, 单独对 EBOM 或 MBOM 管理, 是工作组级的数据管理。
- 厂所内部集成: 即纵向集成, 主要是基于产品的信息集成, 解决研发阶段厂所内部不同业务系统、不同阶段之间的数据集成和交换, 重点是打通设计和制造之间的数据交换、一致性问题、解决数据重复录入和人工交互问题, 可能就是 EBOM 和 MBOM 的交互、单一数据源问题。
- 厂所间集成: 即横向集成, 解决厂所之间的信息、过程和资源的协作和管理, 通常表现为供应链协同或 B2Bi。但对于航空行业, 它具体表现为在集团公司统一规划和协调下的, 以型号项目管理为主线的集成。在宏观上是一种紧耦合方式的集成, 有统一的目的、任务、内容和进度要求。而在微观实现上, 可能采用具体集成技术来实现。

4.2 对集成范围的需求

国外航空制造业十分关注在产品全生命周期中采用信息技术对产品、过程和资源实施协同、高效、敏捷、准确的管理, 提出了 PLM、CPC 等概念, 并在 CAx、PDM、ERP 等局部技术及成果的基础上推出了整体解决方案。我国航空工业承担着众多型号的研发、生产、维修任务, 运行着包括: 设计、开发、试制、生产、售后服务等不同阶段的大量的应用系统, 面对着分承制方、供应商、客户等大量合作伙伴, 迫切需要一个符合航空产品研发需求、具有航空特色的信息化工程整体解决思路、方案和途径。因此, 航空 CIMS 集成支撑平台应面向航空整体解决方案, 开发和建立满足航空飞机型号研制全过程需求的航空 CIMS 集成支撑平台, 支持航空产品 PLM 的构建、实施和运行, 并通过建立面向飞机产品研制的过程管理平台 and 数字化研制的标准体系实现面向飞机产品研制全生命周期管理的资源优化整合, 应用的协调运行, 过程的优化和协同。

4.3 对平台构建的需求

根据对 PTC、DS/ENOVIA、EDS 三家公司的产品的分析和调研, 我们认识到, 市场上每一家产品都有其优势和特色。如 PTC 的 Windchill 平台体系较先进, 在项目管理应用方面有优势; EDS/Teamcenter 功能较为全面、开放性较好, 有较好的应用基础; ENOVIA/LCA 的 PPR 概念比较先进, 且比较符合全生命周期管理的实际需求。但每一家产品都不能全面满足中航一集团的需求。因此航空 CIMS 集成支撑平台不会建立在一个供应商的基础上, 它应是一个开放的平台, 不排除任何有优势的软件, 并强调优势软件之间的优势互补。这一点我们也可以从洛克希德-马丁的 JSF 计划中有所体会。洛克希德-马丁 JSF 计划的信息技术框架是构建在多家产品的基础上的, 它根据用户的实际需求选取最具优势的产品来支持企业不同的业务活动, 并选用不同的平台来支持企业不同业务活动和过程集成和协调。如采用 TeamCenter 实现基于网络的产品开发过程中的不同应用系统以及企业的不同支撑系统的集成与协同。而采用 Metaphase (PDM 产品) 与 TeamCenter 相结合进行产品全生命周期不同 BOM 表的管理、集成和协作。同样, 航空 CIMS 集成支撑平台也需要在集团的统一规划下, 按照集团的实际需求进行配置和集成。

5. 航空 CIMS 集成支撑平台设计与构建

根据航空 CIMS 的具体需求以及集成平台技术和产品的发展现状,我们提出了一个层次化的集成平台参考体系,如图 1 所示。集成平台的参考体系结构包括客户端、平台网关、平台协议、平台接口和实现系统五个层次。

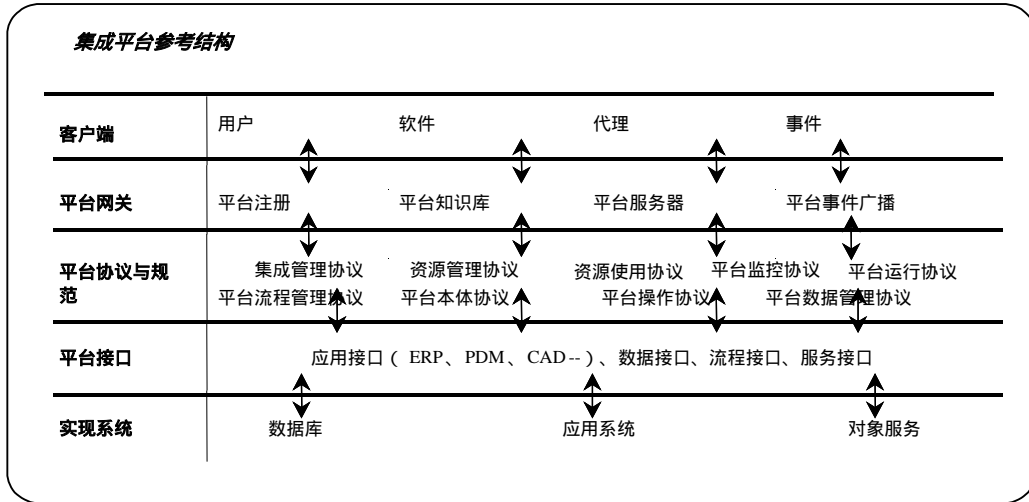


图 1 集成平台的参考体系结构

- 1) 客户端：平台定义了四种客户：人，软件，智能 agent 和外部事件发生器，它们发出或响应来自企业或其它对象的请求。
- 2) 平台网关：平台网关实际上是实现平台客户操作和与平台实际资源的对应。它包括平台注册、平台知识库、平台服务器和平台事件广播五部分内容。平台的所有资源都以对象模型方式定义和保存，平台资源通过平台注册服务加入到平台知识库中，平台通过一个服务器对平台资源进行管理和监控，该服务器一方面将平台客户的请求和操作与平台资源相关联，一方面又将平台资源状态变化信息以事件方式广播给平台上运行的其它对象。
- 3) 平台协议层：企业集成与协作必须基于一定的规范和协议，没有标准的协作是盲目的、无秩序的和不可控的。在平台中，我们定义了九类协议来规范和实现平台的集成活动，它们是平台管理协议、平台资源管理协议、平台资源使用协议、平台运行协议、平台监控协议、平台流程协议、平台操作协议、平台本体协议和平台数据协议。
- 4) 平台接口层：平台接口实际上是平台协议的具体实现，这些接口捆绑的产品就可以集成到平台的协作环境中。根据接口的不同类型，我们可以将平台接口分为应用接口、数据接口、流程接口和服务接口四大类。
- 5) 平台实现层：实现系统是平台抽象模型的底层，是客户请求的最终执行者。它可能对应于数据库系统、对应于实际的应用系统或对应于平台的一些对象服务。

平台参考体系中五个层次的相互关系如下：客户端将其请求传送至平台网关，网关中的对象与平台协议对象相联系，每个平台协议调用相应平台接口组件，这些接口对象激活现实实体的实现系统，包括各种计算资源(软件，对象，数据库记录)，也包括车间的机器等。从概念上说，每层的对象只与相邻层的对象交互。从物理意义上，所有对象都存在于一定的实现系统中。这意味着必须为不同的网关、协议和接口选择实现产品。根据具体情况，我们可以为平台网关、协议和接口选择不同的实现产品，构建不同的平台实现。因此，平台参考体系只是为了给出一个通用的集成平台的体系结构，定义平台实现某一功能目标所需的功能与

接口,在平台的具体实现过程中,这些功能与接口可以通过选用和抽取现有的协议、标准和方法来实现,从而快速的建立起支持航空 CIMS 整体解决方案的集成支撑平台的信息基础结构。

根据平台的参考体系,我们可以给出一个航空 CIMS 集成支撑平台基础实现架构(图 2)。我们认为:企业集成支撑平台构建的困难不在于技术上,而在于建立一个支持产品全生命周期开发活动的 IT 基础构架。在我们的集成平台实现架构中,我们将航空 CIMS 集成支撑平台的实现归纳为以下五个方面:

- 一个模型:即航空 CIMS 集成支撑平台必须构建在一个统一集成模型的基础上。该模型是一个演进的集成模型,在横向和纵向上覆盖平台所涉及到不同阶段的产品、资源、过程和组织等企业各方面的信息。该模型确保了平台全生命周期产品定义、制造过程和生产资源的一致性。
- 一套标准和协议:提供航空 CIMS 实现信息共享、交换、通讯和集成的规范及标准。具体的如 STEP 数据交换标准、WFMC 的过程接口标准、OMG 的对象规范和 W3C 的互连网标准等;
- 一批接口:针对航空 CIMS 中的典型应用,开发一批符合平台信息共享、交换和集成的接口组件,使这些应用系统可以通过接口接入到平台上。
- 一个入口:提供一个可视化的用户访问界面,实现对平台各种服务的操作,并为平台提供一个企业内和外协作的主要场所;
- 一批应用:既产品生命周期应用:用来实现企业业务活动的的应用系统,覆盖产品开发的所有阶段,从产品的概念到实现。

在该集成平台实现架构中,集成平台资源模型(IRM)是其核心内容。IRM 是一个统一的、开放的对象模型,连接产品不同生命周期阶段的数据、过程、软硬件系统和组织等企业资源,支持动态的基于知识的产品信息创建和决策支持,优化产品定义、制造准备、生产和服务。它也可以说是一个电子仓库,为应用提供了通用的建模功能和数据模型,实际上是为产品定义、制造过程和制造资源提供了一个联结,确保了全生命周期产品定义、制造过程和生产资源的一致性。

而集成平台对象管理系统(IOMS)被用来管理和建模平台全生命周期的对象资源。IOMS 允许人和应用之间在企业层上共享数据,提供应用间的紧密集成而非松散集成。当一个应用插入到 IOMS 上时,应用可以通过一个配置引擎提交一个全企业范围一致的配置定义,其创建的数据将暴露给其他 IOMS 上的应用。



图 2 航空 CIMS 集成支撑平台基础实现架构

6. 结论

随着航空信息化建设的不断深入,航空信息环境的不断复杂,如何对复杂的信息环境进行统一规划和管理,如何使并行协同研制过程中的产品、过程和软硬件等资源之间可以共享和交互都是航空信息化工程中的关键问题。航空 CIMS 集成平台可以为航空信息化实施提供一个基础信息框架,有效地支持航空 CIMS 的资源优化整合,应用的协调运行,过程的优化与控制。

参考文献

- [1] 范玉顺, 吴澄, 石伟, “CIMS 应用集成平台技术发展现状与趋势”, 《计算机集成制造系统 - CIMS》, Vol.3, No.5, 1997, pp.3-8
- [2] 航空工业现代集成制造系统项目可行性研究报告. 中航一集团内部研究报告. 2001.12
- [3] David S. Linthicum. Mercator: Next Generation Application Integration. White Paper of Mercator Software, Inc. May 20, 2002(Available at <http://www.mercator.com>)