

基于 SOA 的飞行试验数据管理系统研究

党怀义

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 飞行试验数据是航空武器装备研制过程中所形成的最重要的科研信息资料, 是型号定型、鉴定的根本依据, 具有宝贵的科研价值; 试验数据管理的目的不仅是保证数据的完整性和可靠性, 更重要的是能够广泛地、灵活地满足各类用户对数据的处理需要; 针对飞行试验数据及其应用的特点, 设计出了一种基于先进 SOA 技术架构的飞行试验数据管理系统 (FTDMS), 以飞行试验数据总线为纽带, 采用分布式网络计算服务模式, 有效适应了飞行试验数据处理方法的不断发展, 而且同时满足了多用户对多型号、多类型非结构化试飞数据的完整管理和应用, 综合提高了试验数据的管理和应用效率。

关键词: 飞行试验数据; SOA; WEB 服务; ESB

Research of Flight Test Data Management System Based on SOA

Dang Huaiyi

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: Flight test data are very important information obtained during aeronautic armament development in flight test, are fundamental foundation to appreciate the aeronautic products, and are worth to investigate deeply. The object of the test data management is not only to ensure the data integrally and reliably, but also to meet engineers the varying and progressing application requirement. According to the flight test data for the characteristics of its application, designed an advanced SOA technical architecture of flight test data management system (FTDMS) based on the flight data bus to the flight test as a link, using a distributed network computing service model, not only can effectively adapt continuous development flight test data processing techniques, and the flexibility to meet the needs of the user's application for multi models and unstructured flight data, has a good application effect, improve the management and application of integrated efficiency flight test data for flight test engineering.

Keywords: flight test data; SOA; web service; ESB

0 引言

飞行试验是在真实飞行条件下进行产品鉴定试验和科学研究的过程, 飞行试验测试数据是在飞行试验实施过程中, 运用工程测试技术与方法, 所获得的被测对象及其复杂系统的运行状态信息, 是定型鉴定和科学研究最直接、最关键、最重要和最根本的依据, 也是进行航空科学技术研究最宝贵的技术资料。飞行试验测试数据及其处理具有如下特点:

①试飞测试数据类型及其格式、处理方法发展变化较快。如航空全双工以太网总线数据 AFDX、光纤 FC 总线数据、综合遥测网络数据 iNET 数据、军用 1394 总线数据等等。飞行试验测试手段、技术与方法需要不断发展, 以满足航空武器系统试飞应用的需要;

②试飞测试数据应用面向的用户众多, 应用功能需求各异。试飞工程师、主机厂所以及众多的协作上等各个用户对数据的处理参数、采样率、时间段各不相同, 数据管理系统必须满足所有用户的处理需要;

③试飞测试数据的格式基本上都是规格化的非结构化数据文件, 数据量越来越大, 管理方法独特。试验数据管理系统统一管理这些非结构化的数据文件及其相关复杂关系信息, 并满足各个用户的应用处理需求;

④每次试验所得到的非结构化的试飞测数据必须与当次试

验的关联信息、测试校准文件等相关信息一一对应, 并利用相对应的处理方法软件, 才能够计算得出试飞科目工程量数据。这一关联关系是保证数据准确处理的关键。

建立飞行试验数据管理系统, 应该针对飞行试验测试数据及其应用特点, 在统一管理海量非结构化试飞测试数据的基础上, 将面向应用的服务设计集成到系统内, 满足飞行试验测试技术不断发展和用户需求不断扩展的需要。在试飞工程应用实践中, 设计实现了基于 WEB 服务驱动的 SOA 技术架构的飞行试验数据管理系统^[1], 从数据层到用户接口层, 建立了飞行试验数据系统各个逻辑层的标准服务管理、发布和应用方法、策略和工具, 有效地解决了非结构化海量飞行试验数据的统一管理和应用问题, 既保证了复杂试验数据的可靠性和完整性, 同时大大提高了海量试飞数据的应用处理效率, 更突出地体现了 SOA 开放性、灵活性、融合性的特色, 使系统具有应用功能的自扩充能力和与其他应用系统的集成延展性。

1 SOA 架构

1.1 SOA 架构的基本概念

SOA (Service-oriented Architecture) 面向服务的架构是在十多年前逐渐发展起来的一种综合设计和实现企业业务系统架构的方法。也就是说, SOA 架构是包含系统运行环境、编程模型、架构风格和相关实现方法论在内的一整套新的分布式软件系统构造方法和环境, 涵盖整个服务系统的生命周期, 即: 建模—开发—综合—部署—运行—管理。SOA 架构的设计核心就是把 SOA 系统架构的各个层面各类逻辑或者业务应用抽象成为服务元素, 在标准的服务发现、发布和绑定应用的

收稿日期: 2014-01-01; 修回日期: 2014-03-07。

作者简介: 党怀义(1967-), 男, 陕西合阳人, 研究员, 主要从事飞行试验测试、遥测与试验数据管理与处理技术方向的研究。

接口基础上, 实现系统的综合服务能力不断提升、更新和快速发展, 与具体的实现方法和平台无关。如图 1 所示。

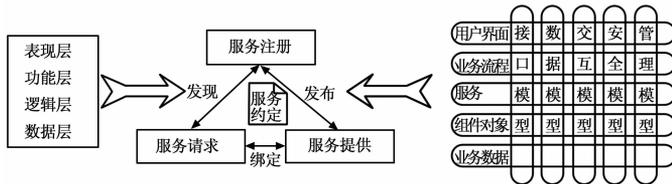


图 1 SOA 架构系统的服务抽象

1.2 SOA 架构所具有的优点

从图 1 可以看出, 设计 SOA 架构的系统, 核心问题是抽象出各层中可独立开发、灵活重用、满足业务需要的服务元素, 服务就是 SOA 的关键概念。SOA 系统的整个生命周期实际上就是面向服务的生存过程。实现 SOA 系统的 3 个关键因素是 SOA 的管理策略与过程, SOA 的原则与准则以及 SOA 的方法与工具, 这 3 个关键因素从系统的决策与问题解决过程、服务的注册与质量管理、服务的开发与应用标准等方面全面地说明了 SOA 系统的设计要素, 贯穿到业务系统中的各个逻辑层面, 从底层的数据模型一直到直面用户的界面应用层^[2]。

实际上, 系统架构从传统的主机模式架构, 继而被客户端—服务器架构取代, 到现在的基于 WEB 的分布式服务解决方案, 都是 SOA 架构技术的发展过程, 也最终成就了丰富、标准、不断完善和具有光辉前景的 SOA 技术架构的内涵。如今, 由 WEB 服务驱动的 SOA 正在无所不在的信息化领域内成为业务系统的主流。因为 WEB 服务平台良好地定义了用于所有服务的标准和运行工具, 这些服务能够运行一致, 与底层技术无关, 具有统一的应用接口, WEB 服务平台促进了 SOA 的实现, 成为新一代面向服务开发的最佳实践工具, 以至于部分人将 WEB 服务平台与 SOA 架构混为一谈也是情有可原。

SOA 架构的最大特点就是面向服务, 从设计、开发、实现, 到部署、管理、应用、维护, 贯穿系统的生命周期, 而 SOA 架构的最大的优点则是其针对业务所具有的适配性、灵活性、可重构性等^[4], 使应用系统具有业务应用的重生功能, 系统的不断轮回发展, 满足了业务功能不断扩充的应用需求, 提高了系统用户的应用满意度, 提高了开发者、应用者的综合回报。这正是 SOA 生命力的所在。

2 基于 SOA 的 FTDMS 的设计

2.1 FTDMS 的总体架构

基于 SOA 的 FTDMS 的总体架构设计如图 2 所示。

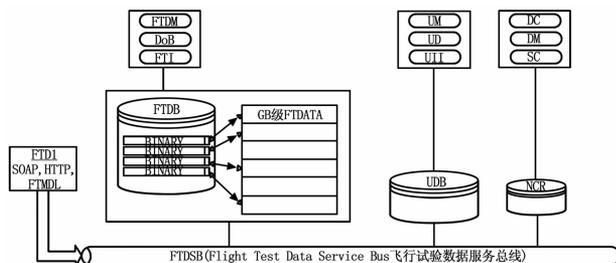


图 2 基于 SOA 的 FTDMS 架构

图 2 中, FTDMS 由以下 4 个服务集组成:

①由飞行试验数据接口 (Flight Test Data Interface, FT-DI) 服务组成的飞行试验数据服务总线层 (Flight Test Data Service Bus, FTDSB)。FTDSB 是基于 SOA 架构的 FTDMS 系统中试验数据业务服务总线, 实现服务之间的数据信息交换, 用来将各类业务服务集成到系统之中。包括简单对象访问协议 (SOAP), 超文本传输协议 (HTTP) 和飞行试验元数据语言 (Flight Test MetaData Language)。

②面向服务的试验数据存储层 (Flight Test DataBase, FTDB)。用于实现面向试验对象的数据信息的存储、管理和应用。包括试验数据管理 (Flight Test Data Management, FTDM)、基于二进制文件的数据管理 (DataBase of Binary, DoB)、试验数据处理 (Flight Test Data Process, FTDP) 3 个试验数据服务集。

③面向服务的用户数据存储层 (User DataBase, UDB)。用于实现面向用户的应用服务管理。包括用户管理 (User Management, UM), 用户数据管理 (User Data, UD) 和用户服务接口管理 (User Interface, UI)。

④面向服务的网络计算资源管理 (Network Computation Resource, NCR)。用于实现面向计算应用的非结构化海量试飞数据网络计算服务。包括分布式计算调度管理 (Computation Scheduler, CS)、分布式计算管理 (Computation Management, CM) 和计算资源管理 (Distributed Computation)。

2.2 FTDMS 的主要服务集的设计实现

2.2.1 飞行试验数据服务总线 (FTDSB)

FTDSB 是 FTDMS 中的企业服务总线 (ESB)。其核心是基于标准的 SOAP 协议、HTTP 协议实现传输的 Web 服务描述语言 (Web Service Description Language, WSDL) 所定义的飞行试验元数据语言 FTMDL, 分析了飞行试验数据管理中的元数据信息, 基于 XML 实现, 定义了系统中各类服务进行数据信息交换和服务响应的规则。如图 3 所示。FTDSB 是系统中各个服务之间进行集成的纽带, 包括底层的数据信息访问, 中间层的业务逻辑实现以及与表示层的本地管理用户和远程应用用户的接口 GUI 等所有的服务。

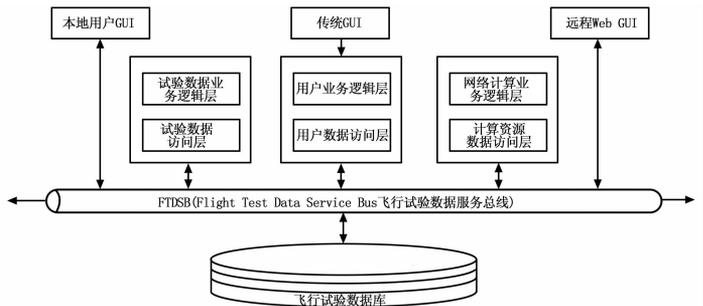


图 3 FTDSB 实现的服务集成

通过 FTDSB 所确定的规则, FTDB 服务集把试验对象及其试验数据信息的参数、属性、结构等完整地纳入到数据库中, UDB 服务集按照系统确定的安全策略从 FTDB 服务集所定义的数据库中抽取可用的数据信息, 并以系统开放的 UI 服务集展现给用户, 而 NCR 服务集则结合 FTDB 服务集的试验数据和 UDB 提交的处理需求, 实现网络计算资源的调配和计算执行, 并把结果信息提交给 UI 服务集。

以下是 FTMDL 中所定义的部分元数据 xml 示例:

```

/* 简单类型的数据信息—通用参数信息 */
Name ::= xsd:string
Description ::= xsd:string
ProductFactory ::= xsd:string
FirstFlightDate ::= xsd:datetime

/* 复杂类型数据信息—机载测试数据 */
FlightOnboardData ::=
/* 元素 */
(ParameterName ::= xsd:string)
(UnitsRef) /* 单位,复杂类型 */
(MinValue ::= xsd:double) /* 下限值 */
(maxValue ::= xsd:double) /* 上限值 */
.....
    
```

简单类型直接定义了某一种类型的参数，而复杂类型则是由一个或多个简单类型或复杂类型参数而组成。两种类型的组合和 xml 的语义规则，形成了试验元数据的定义。

2.2.2 试验数据存储处理服务

试验数据存储处理服务集主要实现非结构化的飞行试验大数据文件的管理。目前，单架次机载测试数据量平均超过 15 GB。单独采用结构化的数据库技术，对这些海量非结构化数据进行管理无法满足数据的应用和维护需要。基于自主设计的 DoB 的试验数据存储服务集，实现了非结构化海量数据文件与结构化复杂试验信息的有机融合管理，同时与 NCR 服务集结合实现自主设计的分布式网络计算服务，满足了数据用户所期望的统一高效的数据应用服务。

基于 DoB 的试验数据存储处理服务集主要包括：

①非结构化海量文件处理集。实现非结构化海量试飞数据的完整性检查，文件的远程传输服务，文件说明信息的处理等；

②结构化数据信息处理集。与非结构化海量文件处理集相结合，对相对应的复杂结构化试验信息进行检查和管理，确保试验数据库中关联关系数据的存储完整性；

③数据完整性维护集。DoB 技术的完整性维护服务集，动态实现试验数据库中的非结构化海量数据与相关的结构化试验信息的一致性、完整性和可靠性。

2.2.3 分布式网络计算服务

分布式网络计算服务集在 FTDB 数据管理的基础上，实现非结构化试飞数据的分布式网络计算。主要包括分布式计算调度 CS 和分布式计算服务 CM。图 4 给出了分布式网络计算服务的实现架构。

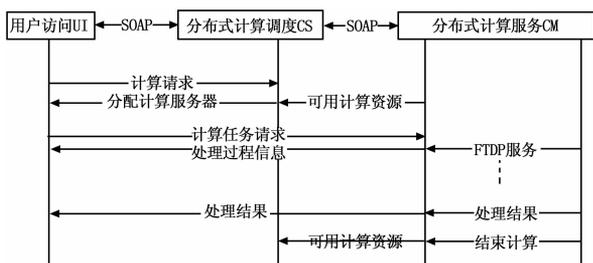


图 4 分布式网络计算的实现

图 4 中，UI、CS 和 CM 服务集之间通过 SOAP 所传输的 FTMDL 完成数据与服务请求和交换。CS 接收到用户的计算

请求后，轮询计算资源管理 DC 中的可用计算服务，并转发 UI，建立 UI 和 CM 之间的计算连接。此时，CM 根据 UI 的请求，从 FTDP 中调取相应类型数据的处理服务，把处理过程信息实时地传递给 UI，用户可以掌握处理的全过程及其状态。网络计算结束后，CM 把数据结果传输给 UI 的同时，将释放的计算资源返回到可用的计算资源库中。

计算资源库 DC 中可以由多个 CM 组成群集，按照系统所确定的服务注册协议，动态地根据任务计算量组成不同规模的计算群集，提高了系统的处理支持能力。而飞行试验数据处理服务集 FTDP 则可以根据不同的数据处理任务的功能需要，增加新的数据处理服务组件，保证了系统所具有的自我更新和持续发展的活力。

3 系统应用实践

基于 SOA 的 FTDMS 实现了飞行试验海量非结构化的数据信息与复杂试验信息的统一、综合管理，为数据用户提供基于 WEB 的分布式网络计算。从 2009 年至今，系统先后为 ARJ21-700 等多个试飞工程提供试飞数据管理与处理服务，随着试飞工程的发展，可以扩充到管理和处理所有类型的试飞数据，数据用户涵盖了设计、制造、试飞及其相关配套协作单位，满足了工程的数据处理需要。系统得益于 SOA 架构的灵活性、开放性和服务间约定的标准化以及高效开发和快捷重用等技术优势，实现了业务发展所不断出现的多种数据类型的统一管理，多种数据处理功能的扩充，以及不同用户规模的应用需要，展示了系统的持久生命力。

4 结束语

面向服务的 SOA 架构的发展，其主要技术优势在于系统的高效开发和不断完善，功能的便捷重用，系统维护的简化等，而对于业务应用来说，SOA 架构的系统则具有更好的业务灵活性，更密切的业务适配性，更满意的用户适用性。FTDMS 是 SOA 架构技术在飞行试验数据管理与处理业务应用中的探索，在系统的架构设计、开发和实现过程、部署与管理、应用与维护等全过程中，全面贯彻 SOA 的技术方法，解决了试飞工程数据的统一灵活管理，更重要的是能够便捷把不断出现的试飞数据及其处理服务集成到系统应用中，以较低的技术与投资成本满足了试飞工程发展的需要。多年来的型号工程应用实践表明，这一探索取得了成功。值得鼓舞的是，这个架构灵活、业务匹配性强的系统也将成为未来航空飞行试验数据中心的核心理应用系统，管理和维护成百上千的试飞工程产生的 PB 级的试验数据信息，为挖掘和利用试飞数据的科研价值发挥更大的作用。

参考文献：

[1] 王建军, 党怀义. 基于 web 的分布式试飞数据处理系统结构设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, (6): 1452-1454.
 [2] Newcomer E, Lomow G. Understanding SOA with Web Services [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
 [3] Erl T. SOA 概念、技术与设计 [M]. 王满红, 陈荣华译. 北京: 机械工业出版社, 2006.
 [4] 毛新生. SOA 原理·方法·实践 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.