

基于Smart Client的先进航空设备 监测诊断系统应用架构设计与实现

Smart Client Based Application Framework Design and Realization of Advanced Aviation Equipment Condition Monitoring and Fault Diagnostic System

空军工程大学电讯工程学院 贾云侠
空军军通局驻航天二院中心军事代表室 江友谊
空军装备研究院 王乐宁 张策



贾云侠

空军工程大学电讯工程学院博士
研究生,研究方向为军事通信学。

随着科学技术的发展,现代航空设备在功能日益增强的同时,结构越来越复杂,自动化和智能化程度不断提升,规模、运行速度和可靠性要求也越来越高,因此,发展能够确保飞机全系统安全可靠运行的各种先进设备监测与故障诊断技术显得尤为重要。

交互(见图1),即把静态监控、飞参实时传输、事后故障诊断、视情维修等关键技术结合起来,发展成为具有远程交互能力的动态监测及故障诊断专家系统,提供监测诊断技术支持和专家级的视情维修咨询,并且进一步拓展为能够与航空设备应急修理系统相联的实时任务处理系统。

基于上述背景,本课题主要研究在传统单机现场测试向远程诊断方式的发展过程中,如何利用.NET、Smart Client等发展中的新技术应用模式,有效设计航空设备性能监测与故障诊断的体系结构、软硬件支撑框架,以及如何解决网络化协同诊断的应用工作环境开发等问题,使系统

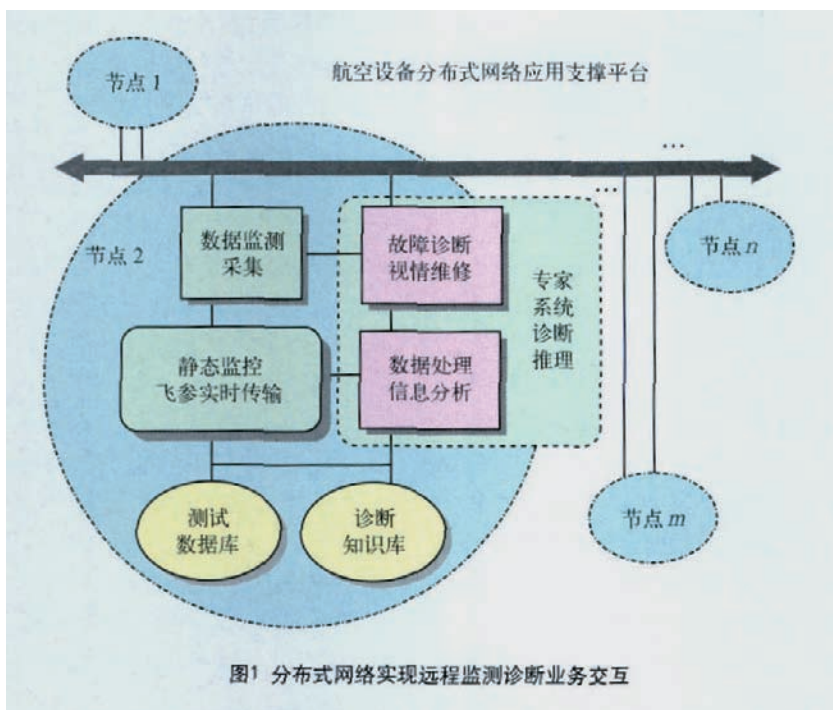
最大程度地利用好分布计算与处理资源,提高测试、诊断、维修等应用业务的工作效率。

案例背景与需求

1 国内外发展案例

一方面,纵观全球范围内民用航空领域核心技术能力的发展,相关的信息化、网络化应用支撑系统研究已经取得了许多阶段性成果,例如:美国波音公司的企业级MEM(Maintenance and Engineering Management,航空维修及工程计划管理)控制系统;达美航空公司基于企业网的FlightLine技术手册交付系统;美联航基于Enigma 3C框架的全机

信息系统的核心能力往往是由其先进的体系结构支撑框架所决定的。从国内外航空领域现有的技术条件和发展趋势来看,未来航空电子、航空发动机等重要装备,其性能监控与故障诊断的重要发展方向就是利用分布式网络实现远程业务



队电子化实时监测维修服务 and 部件信息解决方案; Sinex 公司基于 FleetCycle 维修文档管理发掘组件的设备检测、维修和数据采集系统; 以及甲骨文公司针对航空公司第三方诊断维修外包需求开发的包括检测、维修、部件和发动机翻修、成本价格预算等功能的 Complex MRO 软件系统等。

另一方面,在实际应用过程中,由于航线遍布世界各地,要使各航空公司在每个机场都设立完善的故障诊断和维修支持体系,既不经济也不现实,这就需要相互借助技术资源,进一步分析现场采集结果,并且需要借助领域专家经验,得到航电设备、发动机或相关零部件制造商的有效技术支持。

因此,波音和空客系列飞机相关的国内 14 家航空公司和维修机构也于 2006 年 11 月联合签署了《航线维修互援协议书》,拉开了航空公司、OEM 制造商、PMA(航空器部件制造人批准书)制造商和服务供应商(MRO)、科研机构之间加速信息化建设,最大限度地实现技术资源共享的帷幕。发展网络化远程航

空设备监测诊断与维修支持系统已经迫在眉睫。

2 实现 C/S、B/S 模式之上的架构突破

就架构设计模式而言,网络环境下航空性能监控与故障诊断系统涉及的设备种类多、数量大,处理方法各异且参数动态变化,系统部署与维护的难度较大,因此不能采用 C/S(Client/Server) 模式。然而,如果采用基于瘦客户端 B/S(Browse/Server) 架构的“数据层、逻辑层、表现层”3 层 Web 应用模式,以 EJB (Enterprise JavaBean) 中间件封装业务逻辑,由于节点数量众多且位置分布可能远离城市中心,无论采用专网还是 Internet 方式,其网络管理及运行状况都将难以预测,客户端任务能力将受到网络条件和响应速度的极大限制,甚至影响到系统的正常使用。并且实际应用中的 Web 结构由于无法在监测过程中进行实时数据分析处理和故障测试诊断,需要通过专用工具进行数据重组、处理和分发,因而会增加负担,同时在 Web 页面上操作,响应较慢,无法较

好地发掘节点分布计算能力和处理资源。

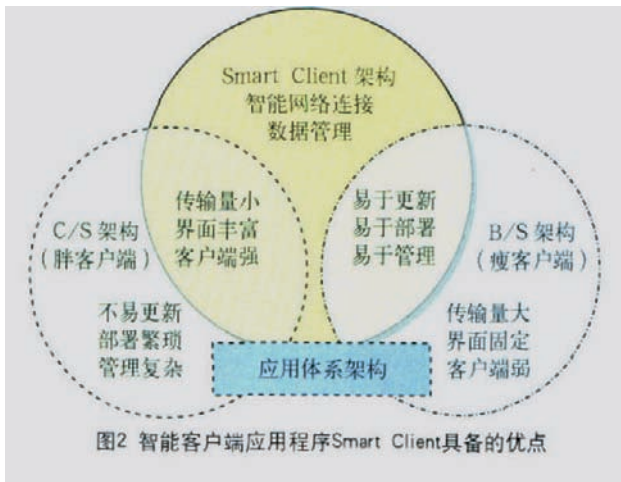
此外,C/S、B/S 模式通常针对应用系统固定的流程和过程描述,难以适应航空设备远程监测诊断应用中协同任务过程、信息流的动态变化,适应能力、智能化和自动化水平均有所不足。特别是难以实现具有未知性、不确定性的跨领域任务协同和知识的动态融入专家系统,难以实现诊断维修知识层次的重用和融合,无法适应飞行环境中广泛存在的不确定性因素和动态响应变更。因此,设计更为高效的系统架构就必须在 C/S、B/S 模式之上有所突破。

本课题将 Smart Client 智能客户端技术引入到航空设备性能监控与故障诊断系统的设计与开发中来,探索在框架更新的基础上,如何使系统既能满足分布式网络条件下的部署要求——能够随着业务逻辑变更而灵活变更,又能满足快速响应需要,同时在监测、诊断业务进程中实现数据、信息的实时分析、处理与分发。

3 引入 Smart Client 智能客户端应用程序

智能客户端应用程序 Smart Client 是一种全新的网络应用模式,它是由 B/S 与 C/S 模式演变而来的,兼有两者的优点(见图 2),同时还附有其他优势。自 2003 年开始,智能客户端逐渐替代了那些在技术结构方面有更高要求的应用系统开发中的 C/S、B/S 模式,成为开发航空设备远程监测诊断系统的崭新选择。

Smart Client 最早作为 Microsoft.NET 平台的一个特性被提出来,简而言之,就是一种可扩展的、能集成不同应用的桌面应用程序,具有面向服务任务的驱动特性,可无接触部署,动态加载升级,自动更新并实现离线运用。这种模式既



有 Windows 程序的强大用户界面, 又有 Web 应用部署及升级更新的便捷, 较好地集成了 C/S 模式和 B/S 模式的优点, 并且弥补了两者的不足。由于节点 Smart Client 还具有可根据需要部分增加表现层、业务逻辑和数据层的应用功能, 因此非常适用于本课题监测诊断环节中需要发掘节点分布计算能力的场合。图 3 是本课题设计的一个面向航空设备的分布式状态监测及故障诊断应用的客户端 Smart Client 原型内核功能框架。

基于 Smart Client 的应用体系结构设计及多路径接口实现

1 多路径接口及表现层应用机制

基于 Smart Client 技术提供的面向任务灵活配置和部署的能力, 首先将其软件设计的表现层定义为监测诊断系统的多路径接口引擎, 使它既具有 B/S 架构中央管理的灵活性, 又具有胖客户端的高度响应和处理能力。通过该引擎提供的用户和应用系统的交互入口, 对各类业务逻辑进行细分, 同时开辟若干“监测诊断业务应用逻辑管道”和“专家系统技术支持管道”。然后适当地将视情维修等部分业务逻辑前置, 保证所有相关应用程序以一种有效的表现层方式与最终用户交互, 避免出现复杂度提高、灵活性降低的负面影响。通过监测诊断业务

应用逻辑管道连接各个机场和航空公司的自动测试设备 (ATE)、监控中心、故障维修站点; 通过专家系统技术支持管道, 直接与相关的各机载设备生产厂商、科研院所等节点相连, 将长期从事对应型号设备设计、制造、安装

调整、使用运行、维护、故障诊断的专业技术人员和领域专家的经验及知识汇聚为分布式、可动态更新扩展的专家系统知识库。

这方面可以借鉴的一个典型实例是由波音与航空公司用户共同设计的“飞机实时数据远程管理系统”, 也称作飞机健康管理 (AHM), 即通过专用无线网络使航空设备相关数据、信息和知识在航空公司、制造商和各类服务供应商之间快速共享。借助于 AHM 的飞机数据远程采集、监控和分析功能, 可以实时把握飞机的状态和性能趋势; 通过实时自动

监控飞机数据, 实现主动维修管理; 通过对飞行数据的智能化分析, 及时预测潜在的维修问题。

因此, 在设计实现中可以进一步将系统业务应用逻辑管道与技术支持管道中各环节的数据、信息和知识作为多源信息, 实现航空设备状态监测与故障诊断的多级输入和中间处理结果的融合, 引用网内各种检测手段, 监控设备工作运行状态, 识别工作是否正常, 进而引入分析判断处理, 指出发生的具体故障并协同专家系统指导, 做进一步的维修处理, 或者在故障未发生前, 根据各种状态征兆分析提出预报, 提醒管理维修人员尽早采取措施, 发现故障隐患, 避免发生停机停飞等重大安全事故。

2 客户端与监测诊断业务的松耦合

考虑到实际航空设备性能监控与故障诊断时, 应用节点可能既是维修服务的消费者, 又是部分灵巧服务的提供者, 能为一体化维修作出贡献。因此, 本课题依据协同诊断应用业务节点面向服务的策略, 通过 Smart Client 客户端提出的

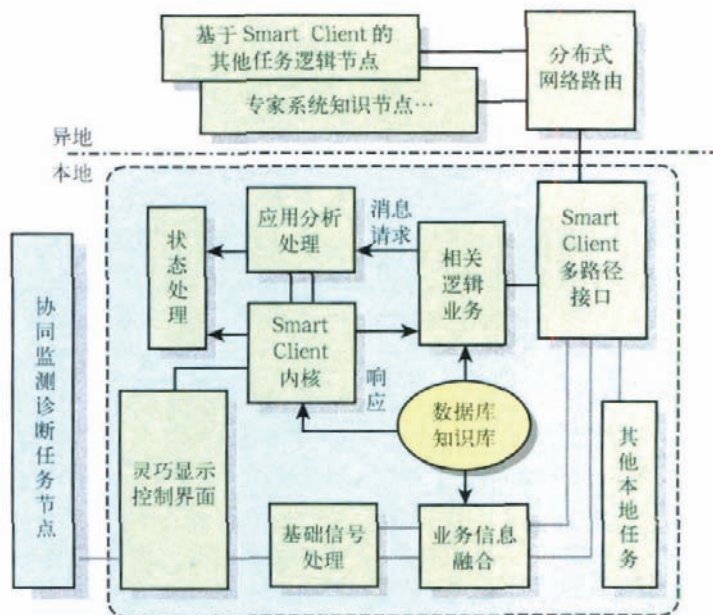


图3 面向航空设备的分布式状态监测及故障诊断应用的客户端Smart Client原型内核功能框架

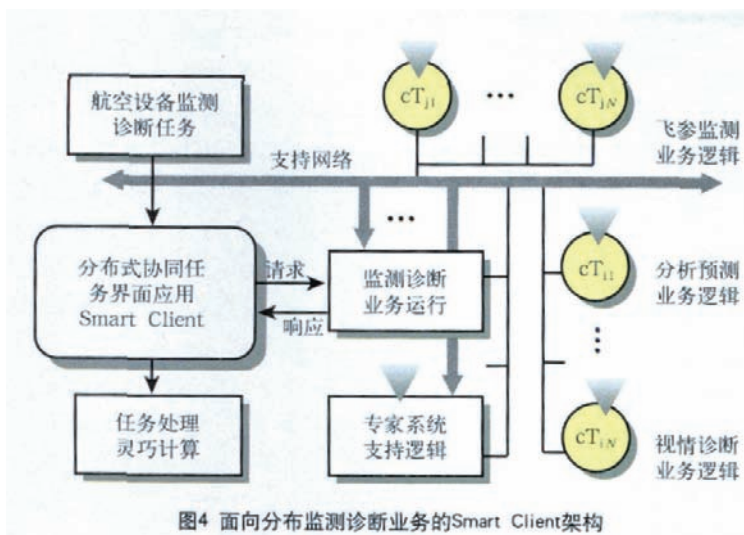


图4 面向分布监测诊断业务的Smart Client架构

业务请求与网络上其他监测、诊断节点进行交互。客户端与具体服务类型是松散耦合在一起的,彼此之间相互独立,通过预先定义好的接口实现服务通信。具体的服务可以通过扩展对逻辑信道、报文消息的定义或引入 M_Agent 方法来实现。图 4 是本课题提出的一个面向分布监测诊断业务的实用 Smart Client 架构。

引入 Smart Client,强调系统监测、分析、预测、维护及各类专家系统、技术支持节点与全局故障诊断、维修任务本身是松散耦合在一起的,通过协同应用和 Smart Client 面向服务的机制来促进实时诊断任务和节点任务相关要素的信息交互。在协同机制的作用下,通过及时任务驱动的紧耦合效果,增强系统对多样化环境和各种动态因素影响的灵活性和适应性。这样,一方面,应用节点的智能客户端作为专家系统技术支持服务的使用者,通过预先定义好的接口,借助定制、点播等方式与服务进行通信,进行科学完备的分析处理;另一方面,诊断服务的提供节点在上述技术基础上,进一步与相关协作节点强化核心监测、维修业务逻辑。

在基于 Smart Client 的设计阶段,可以不考虑通信细节,只保证所

选技术可以针对具体的监测、诊断、知识库支持任务即可,为真正实现异构节点跨平台操作和代码独立,提升分布式应用开发的效率和系统性能提供技术上的保障。具体实现方式可部分参考欧洲 Pemco 航空服务集团基于无线专网和统一界面的便携式数字维修诊断助理(PDA),借助于松耦合模式的 PDA 终端,普通航线维修或部件维修工程师可以从专家系统知识库计算机上选择下载所需要的各种类型的监测诊断数据,同时自动生成此项工作所需的全部技术文档,这既减少了执行每项检查所需要的人力和物力,又对解决一些疑难维修问题很有价值,可减少约 50% 的诊断时间。

3 细分业务逻辑,提升分布计算能力

从系统应用的本质意义上来讲,这里引入的 Smart Client 模式应当作为监测、诊断客户端分布式、智能化逻辑应用的延伸。基于 Web 的应用是将所有的计算都承载在服务器上,但是在监测、诊断实际应用中,特别是要求飞参数据和专家系统知识库高度交互的情况下,脚本方法将无法有效支持分布式计算能力。因此,一味坚持浏览器运行环境就会付出昂贵的代价,比如,在诊断业务应用要求复杂的数据校验和数据引用操作时,脚本解决方式的处理能力将会成

为瓶颈,所以,我们必须利用 Smart Client 方法对系统底层操作的控制能力,尽可能多地利用客户端的大容量内存、高速 CPU 及高带宽网络设备等资源,并且在海量统计分析和知识挖掘的环节中,需要使节点不只采用单一的服务器模式等待计算结果,而是主动将部分处理和计算迁移到客户端来解决。

此外,在采用 Smart Client 技术方案细分航空设备状态监测及故障诊断系统的业务逻辑时,要考虑随业务逻辑变更而发生客户端操作界面变更的需求。本课题考虑采用部分业务逻辑前置的分布式应用架构,把负责用户交互的表现层直接部署到处理监测诊断业务的维修站点上,并且把与专家系统知识库相关的视情维修等业务逻辑直接部署在智能客户端的前置处理器上,进行应用逻辑层次的互操作,让技术人员在业务处理过程中直接发布监测、诊断信息。前置应用处理方式仍可保留原 EJB 的应用逻辑中间件,但使用 Web Service 技术进行封装,实现在异质平台上的互操作。

4 客户端离线工作能力

随着基于 Mobile Windows 等操作系统灵巧型 ATE 设备的逐步应用,网络化航空监测诊断系统内的终端设备也将呈现出多样化趋势,对于网络环境的要求也随之越来越松散。因此,系统客户端业务应用是否具备“有时离线”的处理能力,也是设计实现过程中的需要考虑的一个重要因素。

本课题拟采取智能客户端离线/在线无缝切换思想以及数据缓存处理优化方案来应对上述要求。通过前期 Web Services 远程服务调用,以及可自动升级的桌面程序前端,充分利用各类节点的本地计算处理资源,实现离线/在线的无缝集成;通过调用 Smart Client 模式 OAB(Offline Application Block)

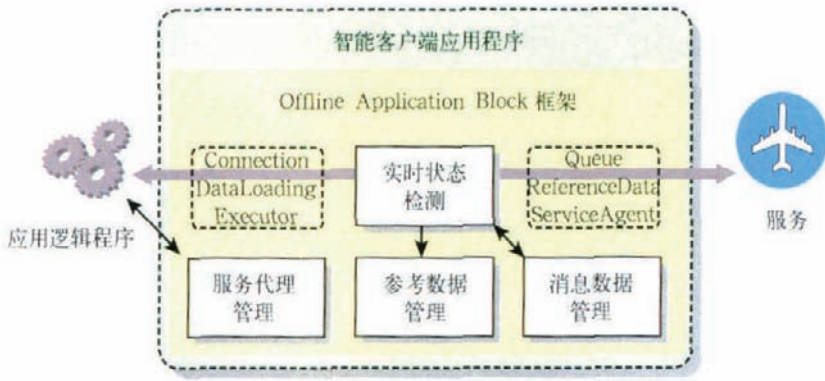


图5 Offline Application Block应用框架构成

框架(见图5)中的连接管理、离线检测、缓存更新等功能封装模块,提供基于Internet应用的离线支持。具体应用逻辑实现包括 Connection、DataLoading、Executor、Queue、ReferenceData、ServiceAgent 等几个不同的 Management 模块,用来解决如何处理服务请求(实现与离线状态同样的工作)、如何缓存操作数据以实现离线状态正常工作,以及如何同步缓存数据以避免数据逻辑冲突等具体问题。

OAB 核心建立在对服务请求的扩展上。为了应对离线工作的情况,可利用 Service Request 包装具体的服务信息(如 Web Services 名称、地址等),首先建立 Service Agent 为应用程序提供的调用接口,隐藏具体服务信息;然后,通过创建 Service Request Queue 来缓存服务、请求队列,使服务请求信息获得缓存;最后由 Executor 调用实际服务。通过这样的方式,离线服务请求信息可通过文件、数据库或者消息队列等进行缓存,而专用的 Executor 也可以与离线/在线切换的事件挂钩,从而实现离线/在线无缝的转换。

具体设计中,还需要充分考虑可扩展性,进一步拆分监测诊断业务逻辑及业务实现,在业务逻辑中直接通过配置文件来调用具体的业务实现,从而应对不同的应用情况,

并且在业务逻辑中定义诸如离线/在线事件通知、服务队列管理等业务逻辑;在业务实现部分实现检测在线/离线状态、存储服务队列、缓存数据等具体功能。

5 系统维护、部署与更新方法

由于基础框架中的软件表现层、业务逻辑和数据层并非都在服务器端进行集中部署和维护,因此,系统设计时还需考虑进一步的便捷更新模式以实现后续的开发和部署。所以,本课题利用 Smart Client 的 UAB (Updater Application Block) 组件,将新版本应用程序下载到客户端机上。图6为 UAB 结构示意图。其中包括一个声明,用来

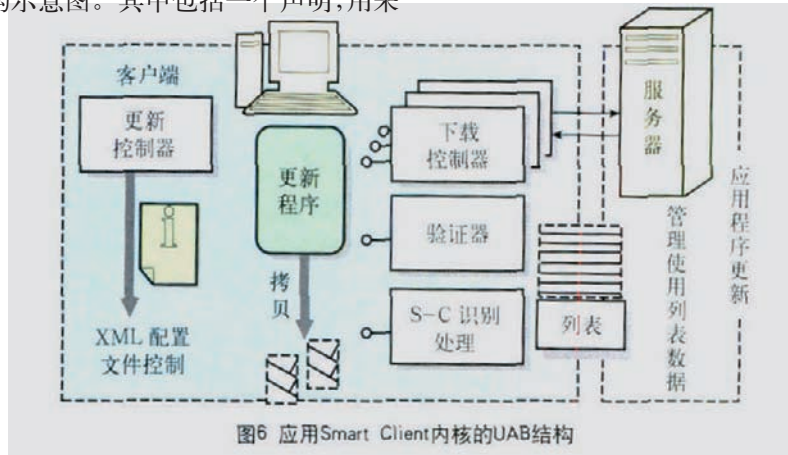


图6 应用Smart Client内核的UAB结构

指定所有相关文件,并确保整个应用程序完全被下载,同时对自定义的下载提供可选文件验证、支持及验证组件。

UAB 可以作为软件设计中自动更新应用解决方案的基础,当具

体应用程序需要自动升级新组件,或者正在编写某项服务以向节点客户端提供各种应用程序的升级时,开发人员使用 UAB 在应用程序中自动升级的功能,实现基于“拉”机制的更新解决方案。使用加密验证技术在应用程序更新之前验证其真实性,在没有用户干预的情况下执行后部署配置任务,并且通过将无接触部署与应用程序更新记录结合起来,简化部署和更新,提高监测诊断系统在复杂分布环境中执行应用的灵活能力。

结束语

随着科学技术的发展,现代航空设备在功能日益增强的同时,结构越来越复杂,自动化和智能化程度不断提升,规模、运行速度和可靠性要求也越来越高,因此,发展能够确保飞机全系统安全可靠运行的各种先进设备监测与故障诊断技术显得尤为重要。

本课题探讨了如何在传统 C/S、B/S 模式之上,利用 Smart Client 方法实现了远程监测诊断系统架构和应用层面的有效突破,把航空设备

性能测试与故障诊断的先进方法、成果以及专家知识库、维修方案优化等功能集成到一个分布交互网络环境中,从而获得信息融合、资源共享、效益提高等技术推动效果。

(责编 蔺蓝)