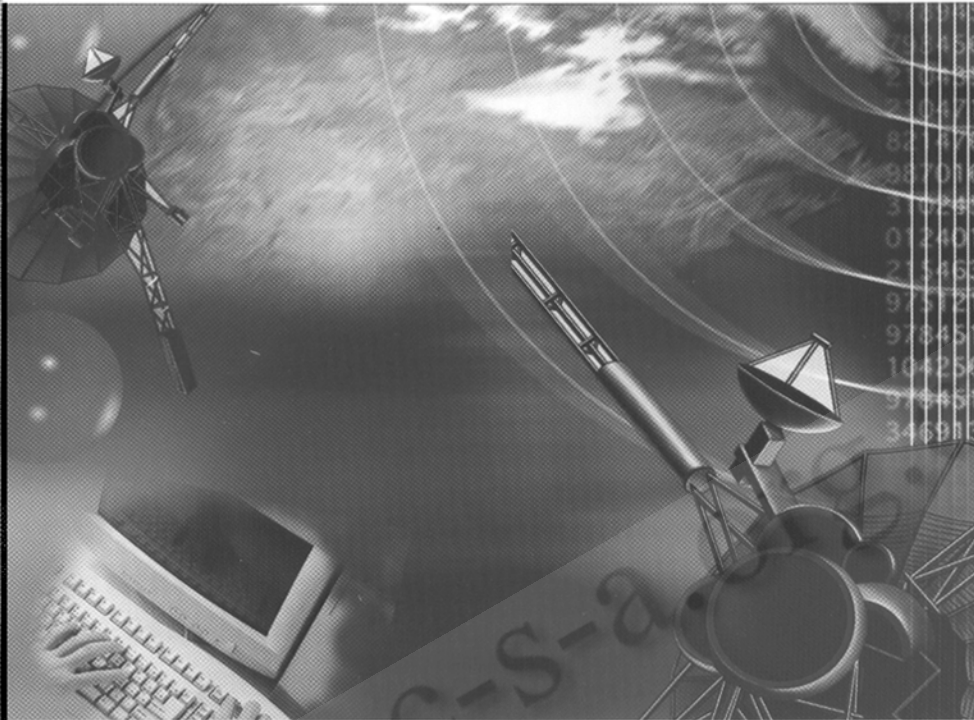


用 ASP.NET 实现微型卫星故障远程诊断专家系统



The Construction of a Remote Fault Diagnosis Expert System for Micro-satellite with ASP.NET

鲁异 李俊峰 (清华大学工程力学系 100084)

摘要: 本文简要介绍了一个微星卫星的故障远程诊断专家系统原型的设计思想和实现要点。此原型系统以“航天清华一号”微星卫星为工程应用背景, 构建于 PC 机 Windows 2000 操作系统和 ASP.NET 开发环境下。ASP.NET 的众多新特性在本系统的开发中起了重要作用。

关键词: 专家系统 Browser/Server ASP.NET

1 引言

航天科技是一个国家高科技水平和综合实力的重要标志。在世界空间科技发展进程中, 微星卫星(micro-satellite)被一致认为是具有高新技术含量多、集成度高、体积小、成本低、研制周期短、功能密度比大等特点的高科技产品。在航天领域引起了人们的极大兴趣。2000年6月28日

发射升空的“航天清华一号”卫星就是这样一颗微星卫星, 它运行在离地球表面 600~800 千米高的太阳同步轨道, 可以完成多种任务。在大卫星中为提高系统的可靠性, 往往设计了大量的冗余设备, 然而对于小卫星来说, 必须尽量去除冗余设备, 系统的可靠性主要依靠软件来保障, 这就对系统的故障诊断与处理能力提出了很高的要求。本文概括介绍了笔者参与开发的一个基于 PC 机的微星卫星故障诊断远程专家系统原型, 它以“航天清华一号”微星卫星为工程应用背景, 工作在 Windows2000 操作系统及 ASP.NET 开发环境下。

2 系统概述

开发这个故障诊断专家系统的主要目的是通过专家经验数据库, 使一般监控人员具有对卫星进行实时监控和故障诊断及预测的能力。该诊断系统能够根据从客户端输入的遥测数据对卫星的运行状态进行实时分析和诊断, 并把结果返回客户端, 包括发现异常时给出的报警信息, 存储了

专家经验的知识数据库可由卫星专家直接进行补充、修改等维护操作。系统能满足地面多点同时监控的要求, 且整套系统具有很好的稳定性和反馈速度。

为了满足地面多点同时监测和远程监测的要求, 本系统利用了成熟的互联网技术, 可在局域网或广域网内对卫星进行实时监控和故障诊断, 系统网络结构见图 1。专家系统的数据处理和故障诊断等核心模块安装在一台中央服务器上, 用户(卫星监控人员)通过客户端界面向服务器发送数据和从服务器获取处理结果, 并实时显示在终端上。卫星专家也通过客户端界面进行专家系统知识数据库的维护。

为简化客户端的开发和维护, 本系统采用了基于 WWW 和 HTML 协议的 B/S(Browser/Server) 工作方式。在这种工作方式下, 用户使用通用浏览器(如 IE、Netscape Navigator 等)作为统一的客户端软件, 专家系统主机上的 WWW 服务器充当用户界面到专家系统核心部分的接口, 此原型系统的服务器硬件采用高配置的 PC 机。

3 系统的实现与 ASP.NET 在其中的应用

3.1 服务器端程序的结构模型

为了使本系统具有良好的扩展性和易维护性,服务器端程序的开发分为三个层次:用户界面层、业务逻辑层和数据访问层。三个层次之间的关系如图2所示。用户界面层用来实现在客户浏览器中显示的用户界面,其主要功能是读取用户的输入,在接收到用户请求和测控数据后调用业务逻辑层提供的服务,并把推理分析的结果传递回客户端浏览器。业务逻辑层是专家系统功能的核心,它的任务是分析测控数据和完成推理过程。业务逻辑层接收用户界面层的请求后调用数据访问层提供的服务,从知识数据库取得必须的数据,完成推理后把结论传回用户界面层。数据访问层的功能是为业务逻辑层提供服务,即根据业务逻辑层的要求直接对知识数据库进行数据提取和修改等底层操作。

3.2 用 ASP.NET 进行服务器端程序开发的优点

基于B/S模式的数据库开发技术有很多,如CGI(Common Gateway Interface)、ASP(Active Server Page)等。对于Windows服务器来说,最为方便高效的方式是采用ASP技术,ASP是微软

开发的服务器端编程环境,它与HTML语言紧密结合,提供了用于从浏览器接收和发送信息的模块,并提供了数据访问组件(ADO)等,可以实现与任何ODBC兼容数据库或OLE-DB数据库的连接。本专家系统的实现采用了ASP的最新版本ASP.NET,ASP.NET并不是ASP的简单升级,而是对传统的ASP彻底改造后的结果。在创建Web应用程序方面,它提供了完全不同的方法,比传统的ASP技术要强大多。采用ASP.NET来实现本故障检测专家系统具有很多优点。

对于卫星故障诊断专家系统这一特定的Web应用程序,系统的可靠性和运行效率是至关重要的考虑因素。在专家系统业务逻辑层模块的开发中,ASP.NET的新特性起了关键的作用。ASP.NET基于微软的.NET架构,它构建在CLR(Common Language Runtime,通用运行时)之上,可以使用.NET架构所提供的全部功能。用它开发的网络应用程序可以支持异常控制、类型安全、继承和动态编译等特性。传统的ASP页面只能使用JavaScript或VBScript等脚本语言,其页面是解释执行的,运行效率低,且不易实现非常复杂的推理功能。ASP.NET实现了对VB.NET、

VC++.NET、VC#.NET等功能强大的编程语言的支持,可以实现复杂的推理机和解释机功能。用ASP.NET开发的服务器端页面模块是编译运行的,其编译过程在页面第一次被请求时进行,编译好的本机代码下次被请求时可直接从缓冲区中读出并运行,比解释执行代码的运行效率要高得多,这对于实现推理过程复杂的多点实时监控具有重要意义。

ASP.NET提供的Code-behind表单和资源文件便于实现页面内容和程序代码的完全分离。Code-behind表单可以让开发者将代码放在一个单独的文件中,资源文件可以让开发者将自定义的页面描述与页面分开,放在一个单独的文件中。这样就可以在用标准设计工具构造出网页界面后,把主要精力集中于推理机等关键代码的开发上,并且降低了进行系统维护的难度。ASP.NET给开发人员提供了大量功能强大的Web控件,它们类似于HTML标记,通过它们,开发人员只需要编写简单的代码就可完成丰富的、与W3C兼容的HTML,实现复杂的用户交互功能,使得用户界面层代码的开发十分容易。

在数据访问层的开发中,在传统的ASP中要

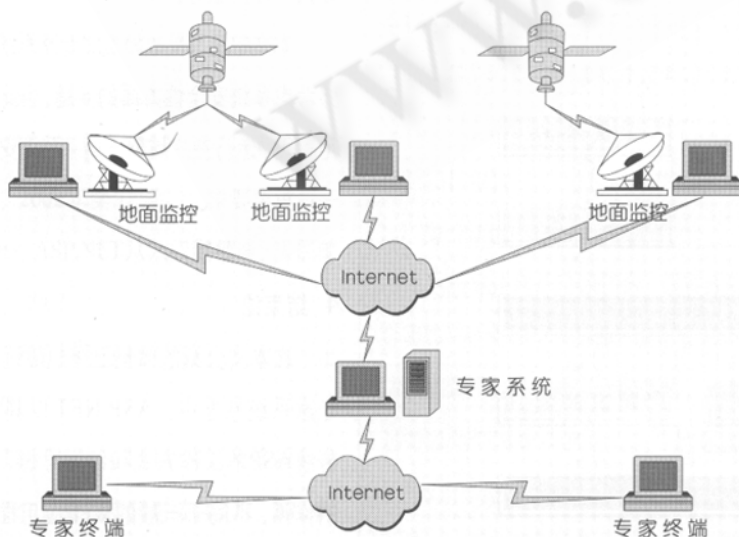


图1 故障远程诊断专家系统示意图

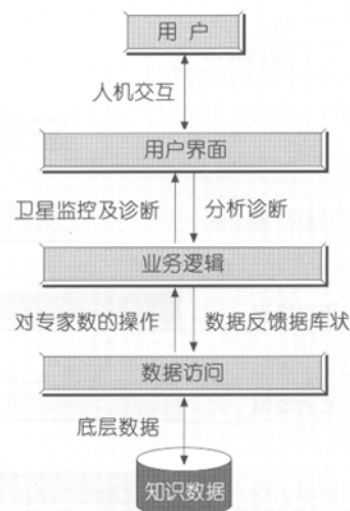


图2 服务器端程序的三层模型

使用 ADO(ActiveX Data Objects)来完成,而在 ASP.NET 中则可通过 ADO.NET 来实现。ADO.NET 包括两部分: DataSet 和管理提供程序 (managed providers)。DataSet 用于表示在 ADO.NET 对象间传输的数据 (例如从数据源到 ASP.NET 页面的数据),管理提供程序充当 DataSet 和数据源之间的通信层,它提供了到所有 OLE-DB 兼容数据源 (如 SQL Server) 的接口,具有可扩展性和 Web 无状态性,其内核使用的是 XML。XML 作为一种基于文本的标记语言,在表示数据方面提供了一种高效的方式,对于基于 Internet 的应用程序而言,ADO.NET 的效率比传统的 ADO 要高得多,对卫星的测控要不间断地进行,并要求能完成多用户多点监控,同时卫星专家还要对数据库进行维护,因此对数据资源的共享和扩展性提出了要求。ADO 要求锁定数据库,并且长时间地连接到数据库,而 ADO.NET 不需要。ADO.NET 使用离线数据集 (DataSet 对象),无须长时间地链接锁定数据库,这使得 ADO.NET 具有更好的可扩展性:各类用户不会争夺知识数据库资源。

3.3 专家系统的实现

此专家系统的结构框图如图 3 所示。蓝色方框内的部分为此专家系统服务器端程序的基本构

成,系统开发的三个层次用不同的背景色标出。

用户界面层中的 Web 服务器使用安装在 Windows 2000 Server 操作系统上的 IIS(Internet Information Service)系统,并安装了 .NET Framework 及 SDK 组件以实现对 ASP.NET 的支持。用户界面层的开发主要集中于网页界面的设计,对用户表单输入的处理以及对专家系统反馈信息的显示,对于不同类别的用户 (监控人员和专家) 提供了不同的用户界面网页,由位于同一服务器上的不同 HTML 文件来实现。出于安全性的考虑,还设计了基本的身份校验功能。

业务逻辑层 (系统的功能核心部分) 主要由知识库、推理机、解释机、知识库维护模块和层间接口构成。知识库是整个专家系统的基础,它直接决定了诊断和预测结论的准确性。知识库由规则库和事实库构成:规则库存放产生式规则的集合;事实库存放已知事实的集合,必须确保产生式规则的一致性、事实数据的准确性和完整性,必要时应由卫星控制专家对知识库进行修改和补充。推理机用于记忆所用规则和控制系统运行,使整个专家系统能够以逻辑方式协调工作,具体推理方法的选择对整个专家系统的性能有很大影响。在本专家系统中,推理机的构造主要采用正向推理,首先验证监控员输入的卫星测控数

据和诊断请求的合理性,然后根据诊断请求读取规则知识库中相应的规则,搜索事实知识库中的监控数据事实列表,搜索符合请求条件的事实,并得到数据库中的以专家经验为基础的诊断预测结论。解释机主要负责向用户解释专家系统的行为,包括解释推理的正确性和适用性等。本系统中的逻辑业务层程序使用 VB.NET 语言来编写,推理机和解释机的执行模块全部放置于 .vb 文件中,在推理过程中所涉及的高层数据库操作全部利用数据访问层提供的服务来完成。

专家系统的知识数据库系统选用了 Microsoft SQL Server,ADO.NET 提供了两种管理提供程序:SQL 管理提供程序和 OLE-DB 管理提供程序。前者仅用于与 SQL Server 的交互,效率非常高;后者可用于同任意 OLE-DB 兼容数据源的交互,与 SQL Server 数据源交互时,效率不如前者。在本系统中出于效率的考虑,采用了 SQL Server 管理提供程序来访问数据源。在后续开发中,可以转为使用 OLE-DB 管理提供程序,以提供对不同类型知识数据库的支持,这种转换并不繁琐。由于 ASP.NET 和 ADO.NET 的强大功能和面向对象的特性,对数据库进行底层操作的数据访问层代码十分简单,为业务逻辑层提供了效率很高的数据库操作服务。

本文中的卫星故障检测专家系统原型并未充分考虑系统安全性方面的问题,当此系统进入实用阶段,运行在广域网上时,系统安全性会成为一项重要要求。

4 结束语

在本文介绍的微星卫星故障远程诊断远程专家系统原型中,ASP.NET 以其完全不同于传统 ASP 的工作方式和编程思想,发挥了关键的作用。不同于一般的 Web 应用程序,卫星故障诊断专家系统对于稳定性、效率、安全性等

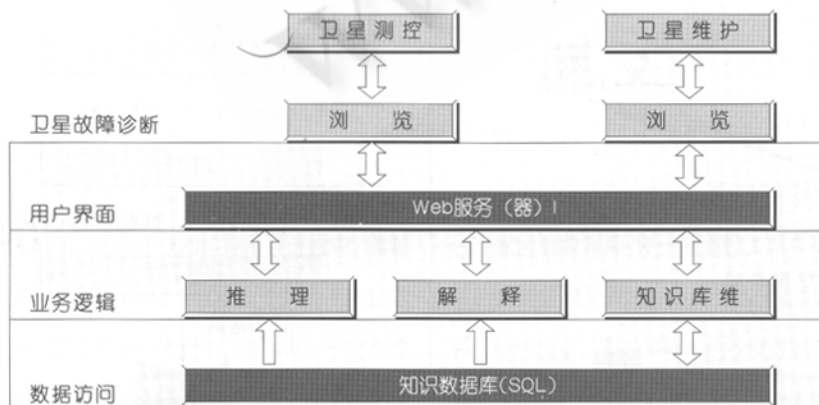


图3 卫星故障诊断专家系统结构框图