

基于 Web 的防汛抗旱决策支持系统技术^{*}

吴 强 王煦法

(中国科学技术大学 计算机科学技术系 合肥230027)

摘 要 构建一个分布式、基于 Web 的防汛抗旱决策支持系统是一个很有意义的问题。根据三层 Browser/Server 分布式体系结构原理,利用 COM 组件技术,XML 通用数据交换技术和 WebGIS 技术,成功将客户端 ASP 调用代码与后台数据库存储的管理、模型运算等业务逻辑有效分离,实际应用中开发出的基于 Web 的防汛抗旱决策支持系统在使用方便、决策科学、准确性高、实时性强的同时又具有较高的可维护性和可移植性,是一项值得推广的实用技术。

关键词 Web 决策支持系统,COM 组件对象,WebGIS,模型

Web Based Decision Support System for Flood Control and Drought Relief

WU Qiang WANG Xu-Fa

(Department of Computer Sci. & Tech., University of Sci. & Tech. of China, Hefei 230027, China)

Abstract How to develop a Web based and distributed Decision Support System for flood control and drought prevention, in which business logic & modelling computation is separated from client code, is an important issue. A multi-layer Web based Decision Support System is successfully constructed by using the Browser/Server three-tier architecture, COM model and XML techniques, and by separating ASP code from the business logic stored in database. The Web based DSS has been proved to be significant for making more convenient, scientific, precise and rapid decisions for flood control and drought prevention in addition easily maintainable and portable in practical applications.

Keywords WebDSS, COM, WebGIS, MODEL

1 引言

决策支持系统(Decision Support System)是在管理信息系统(MIS)基础上发展起来的为各级管理者提供辅助决策的应用系统^[1]。其发展历程可简述为:20世纪60年代后期,面向模型的DSS的诞生,标志着决策支持系统这门学科的开端;20世纪70年代,DSS的理论得到长足发展;20世纪80年代前期和中期,实现了金融规划系统以及群体决策支持系统(Group DSS)。80年代后期,通过将DDS与知识系统相结合,技术人员开始研究智能决策支持系统(IDSS)^[2]。此后出现了主管信息系统,联机分析处理(OLAP)以及商业智能系统。20世纪90年代中期,基于Web的决策支持系统成为了活跃的研究领域,并产生了广泛的影响。它为DSS的发展起到了很大的推动作用。

新世纪之初,我国水利行业的信息化建设正在如火如荼的进行中。在这项庞大而复杂的系统工程中,尤其重要的内容之一是建立高效可靠的防汛抗旱指挥系统,其核心内容是防汛抗旱决策支持系统的建设。它通过对防汛抗旱信息的收集、传送、处理、

存储及模型的运算,快捷、灵活地以图、文、声、像一体化的多媒体、超文本或虚拟现实的方式,提供数字化的雨情、水情、工情、旱情、灾情数据、历史资料和动态资料等信息服务;根据各种水文预报、洪水演进和调度模型的计算结果提供专业化的调度方案分析比较;洪水流量、水位和发生时间的预测、预报;远程调度和电子会商等功能,提高洪水预报的精度、预见期和调度指挥的科学性。中央、省以及流域级的防汛抗旱决策系统的运用将显著提高我国防洪抗旱调度手段,及时提供迁安咨询,及时发布洪水或旱情警报,有效提高防汛抗旱指挥决策的正确性、及时性和准确性,为防汛抗旱指挥者提供辅助决策。

本文阐述了基于Web的防汛抗旱决策支持系统的技术构架、设计思想、系统功能,结合已开发并投入运行的安徽省防汛抗旱决策支持系统,将基于Web的防汛抗旱决策支持系统和基于客户端的防汛抗旱决策支持系统进行综合性能的比较,得出基于Web的防汛抗旱决策支持技术开发的决策系统具有决策功能强大、开放性好、安全性高、可移植性强、可视化效果好、投资节省等优点,是一项值得推广的实用技术。

^{*} 本文得到国家自然科学基金(No. 60005004)的资助。吴强 高级工程师,博士研究生,研究方向为智能决策支持系统技术、数据挖掘与知识发现。王煦法 教授,博士生导师,主要研究方向为人工智能,机器学习,知识发现。

2 体系结构

系统采用基于 Web 的多层 B/S 体系结构。分

别为:Web 浏览器客户端、Web 服务器层、应用服务器层、水利专业模型层、数据库服务器层,见图1。

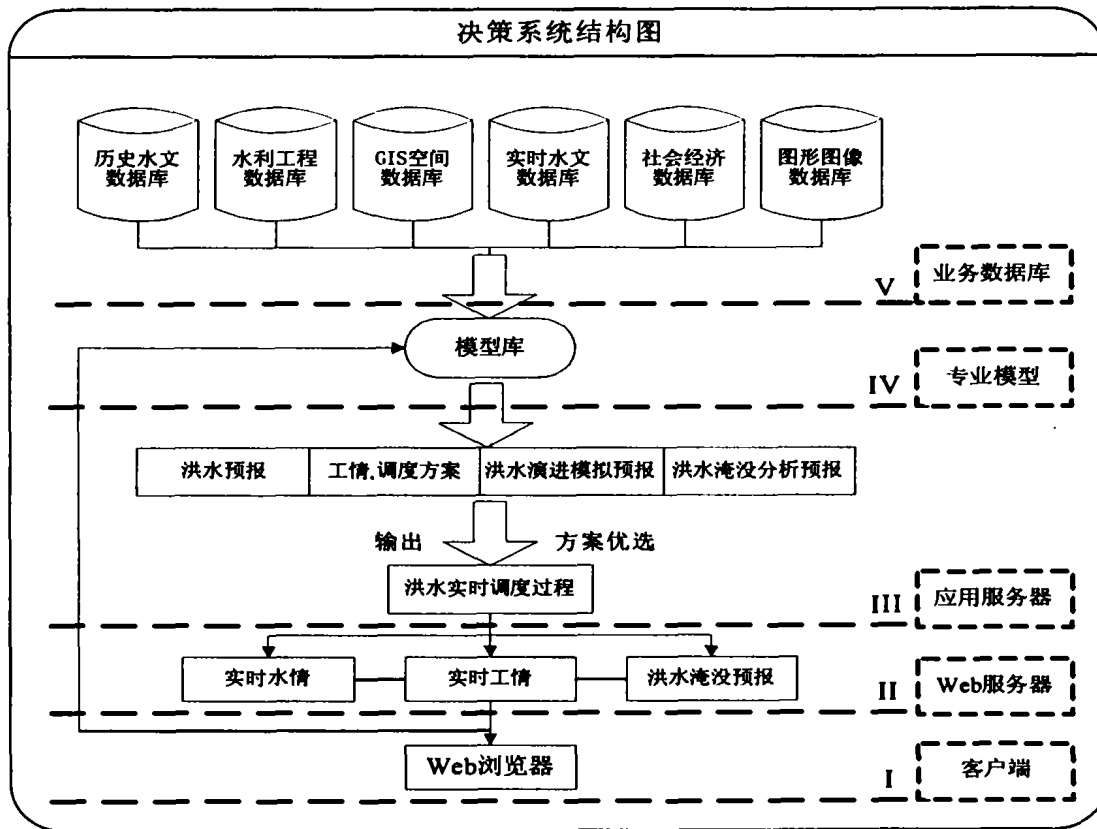


图1 基于 Web 的防汛抗旱决策支持系统结构框架

前端为通用 Web 浏览器,用于信息采集、数据录入和格式化输出。由于 Web 浏览器已成为几乎所有操作系统的标配,所以用户不需要安装任何软件就可以访问本系统,非常方便。

第二层为 Web 服务器。Web 服务器是系统 Web 应用的核心,接收和处理从 Web 浏览器(或其他 HTTP 客户端)发送来的 Web 请求,并将请求以一定的格式传给客户端。所有 Web 服务器都支持 HTML 格式信息,借助于服务器扩展,可以支持其他信息格式如 JSP、ASP、CGI 等。大多数 Web 服务器都可以通过增加服务器数量提高系统的并行访问量,实现可扩展性。

第三层为应用服务器。应用服务器可以是第三方或用户自主开发的服务器软件,集中了大量的系统业务逻辑,其业务逻辑的复杂性直接影响到系统的运行效率。应用服务器借助于 Web 服务器与客户通信,处理客户的服务请求。

第四层为水利专业模型层(具体内容详见第三节)。

第五层为数据库服务器。集中存放系统业务数据。该系统中的数据是多种类型的异构数据。既包含有普通的水雨情属性数据,又有空间地理信息数据,

水库、涵闸、堤防等防洪工程数据,还有声音、图像等多媒体数据。其中,一部分数据在时空上又分为历史数据和实时数据。在系统的开发和实施中,要充分考虑数据的统一格式和标准化问题。

3 设计原理

(1) Web 服务器设计

Web 服务器是系统中信息发布、资料查询、数据处理等诸多应用搭建基本平台的服务器。

Web 服务器的基本工作可分为三步,第一, Web 浏览器向一个特定 Web 服务器发出 Web 页面请求;第二, Web 服务器接收到 Web 页面请求后,寻找所请求的 Web 页面;第三, Web 服务器接收到所请求的 Web 页面,并将所请求的 Web 页面传送给 Web 浏览器,并将它显示出来,原理如图2。

在本系统中,我们既可以通过 COM 组件技术也可以通过 Windows 2000 server 自带的组件来创建 Web 服务。图形和空间数据的发布运用美国 ESRI 公司的 ArcIMS 平台实现(详见应用服务器部分)。根据需要,本系统中设置了实时水情、实时工情和洪水淹没灾情评估三个 Web 服务器,实现系统的 Web 服务。

(2)应用服务器设计

该系统应用服务器集中了各种用于处理防汛抗旱业务的应用程序,包括流域水文预报结果分析、防洪工程优化调度方案生成、河道洪水演进及控制点水位流量预测结果处理、洪水淹没范围及时间预报结果处理、流域水文和水利控制工程数据在 We-

bGIS 空间信息平台上处理和发布、图形报表的自动产生等。应用程序的代码用 VB、VC 或其它工具实现。应用服务器借助于 Web 服务器与客户通信,处理客户的服务请求。该部分程序的开发要充分考虑到系统运行的效率和业务的满足程度。

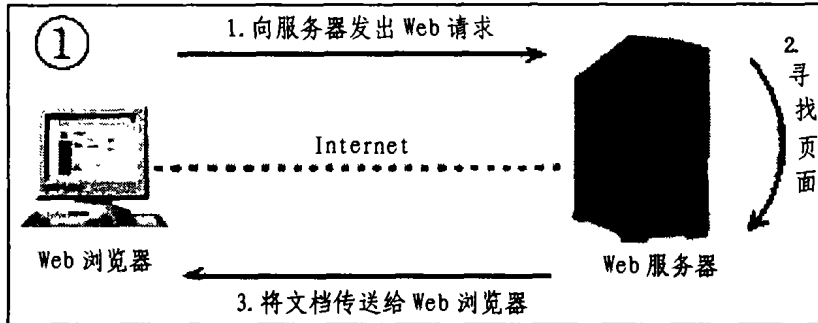


图2 Web 服务器工作原理

本应用服务器中设计的 WebGIS 是在 INTRANET 上完成信息发布、数据共享、交流协作基础之上实现水利和防汛抗旱业务信息的在线查询、发布等业务处理^[8]。其体系结构如图3。

Web GIS 基本组成包括: WWW、MAIL、FTP 服务器; BROWSER/PLUG-INS; HTML、VRML 等页面描述语言; JAVA、CGI、ActiveX 等 WEB 交互技术; GIS 数据库管理。

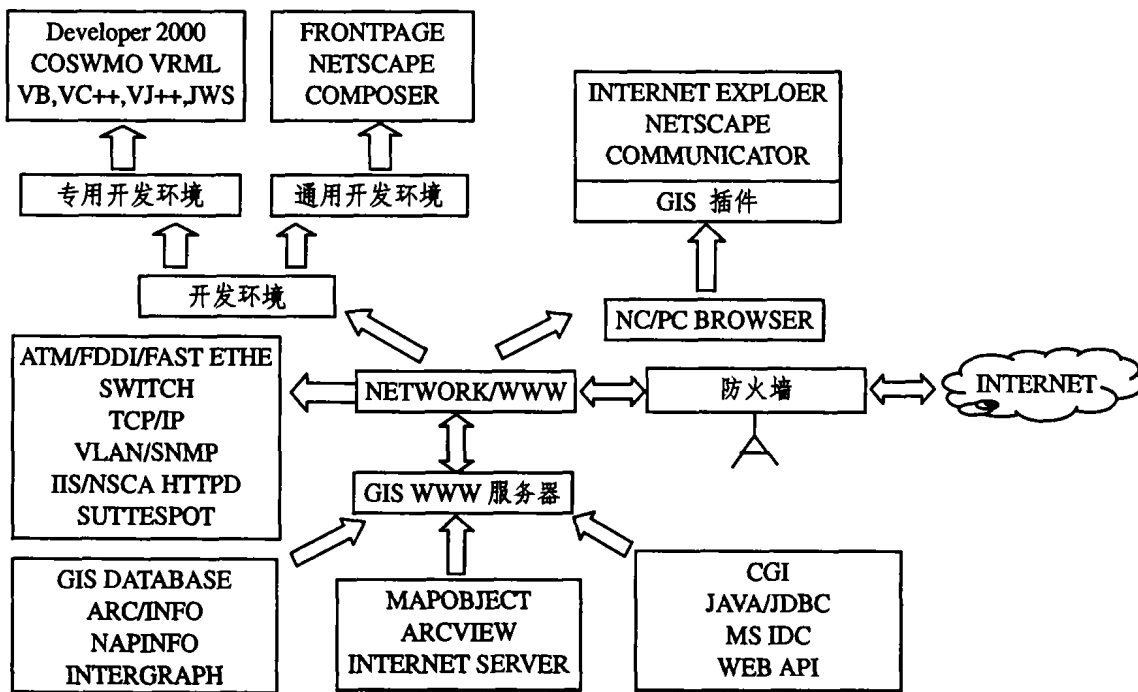


图3 防汛抗旱决策支持系统中 WebGIS 体系结构

在此我们采用了服务器端构件技术,客户端采用 HTML Viewer 不需要下载任何的控件和插件,有很好的兼容性。最底层采用了 ERSI 公司的 ArcIMS 3.2。客户端的界面采用了标准的 HTML 来提交用户的请求,对于各种浏览器皆兼容;通过 JavaScript 编制的脚本语言实现与用户的交互功能。服务器端采用 Javascript 与 ArcXML 及 ActiveX 技术,利用 ArcIMS 3.2提供的 ArcXML 可以实现诸如绑定数据源、选择数据层、叠加数据层、放

大与缩小、空间数据查询、定制专题图等复杂的 WEBGIS 应用。利用 JavaScript 或 VB Script 编制服务器端脚本语言,服务器通过解释执行脚本语言,产生并返回结果。

(3)水利专业模型

水利专业模型主要包括用于流域降雨径流预报、洪水演进预报、洪水淹没和洪涝灾情评估等业务模型。这些业务模型既可以根据不同的流域或河流进行现场专题开发,也可以在商业化的河流数值预

报模型系统平台上进行二次开发。过去,国内采用专题式开发的情况较多。然而,从系统的投资、系统的集成性、可视化效果、可扩展性、适用性等方面来比较,采用商业化的水利数值专业模型具有明显的优势。因此,我们在进行基于 Web 方式的防汛抗旱决策系统开发中,选用商业化的数值洪水预报和洪水演进模型(丹麦水与环境研究所 DHI 的 Mike11 系列河流模型软件包)作为决策系统后台模型开发平台。在专业模型和应用服务器之间利用通用数据接口和模型引擎程序,将应用服务器的有关命令下达给定制好的模型模块,模型执行完毕以后,再将结果提供给应用服务器及后台数据库。

该部分模型软件具有以下主要功能:

- 江河洪水预报。实时洪峰水位流量预报、未来降雨情况下洪峰水位流量预测,完成实时作业预报;
- 水库洪水预报。实时入库洪峰流量、洪水过程、洪水总量预报,未来降雨条件下入库洪峰流量、洪水过程、洪水总量预测,水量平衡调度计算;
- 洪区洪水演进模拟预报;
- 对预报方案进行实时校正;
- 人机交互修改模型边界条件和预报中间成果;
- 自动建立、管理预报方案和预报模型库;
- 预报成果的可视化。

(4)数据库设计

数据库系统是决策支持系统的重要组成部分,是信息存储、处理的基础^[1]。本文提出的决策支持系统数据库是防汛抗旱综合性业务数据库,既包括了水雨情数据,河流数据,涵闸、水库数据及其它水利工程数据,又包括了空间地理数据、各种多媒体数据和一部分社经数据。

我们采用一个三层结构来构建此数据库服务层(图4所示),以使系统具有很好的可维护性和高度可移植性。数据库服务器(Data Server)包含三个模块:一、数据库(Data Base):由 Sybase 数据库工具构建防汛抗旱综合业务数据库,包括基础工情数据、实时工情数据和其他业务数据。空间数据库采用美国 ESRI 公司开发的 ArcGIS 平台构建。二、数据库结构操作应用程序(SP Application):用于修改数据库的相关结构,包括:创建和删除视图,创建和删除基本表,创建和删除字段,创建和删除数据字典四个基本模块。而且这个应用程序只能由数据库管理员使用,所有的涉及到数据库结构的定义和修改均由它来完成。三、XML 数据定义文件集合(XML DDF Set):它负责保存数据库所有视图的定义,有主副拷贝。

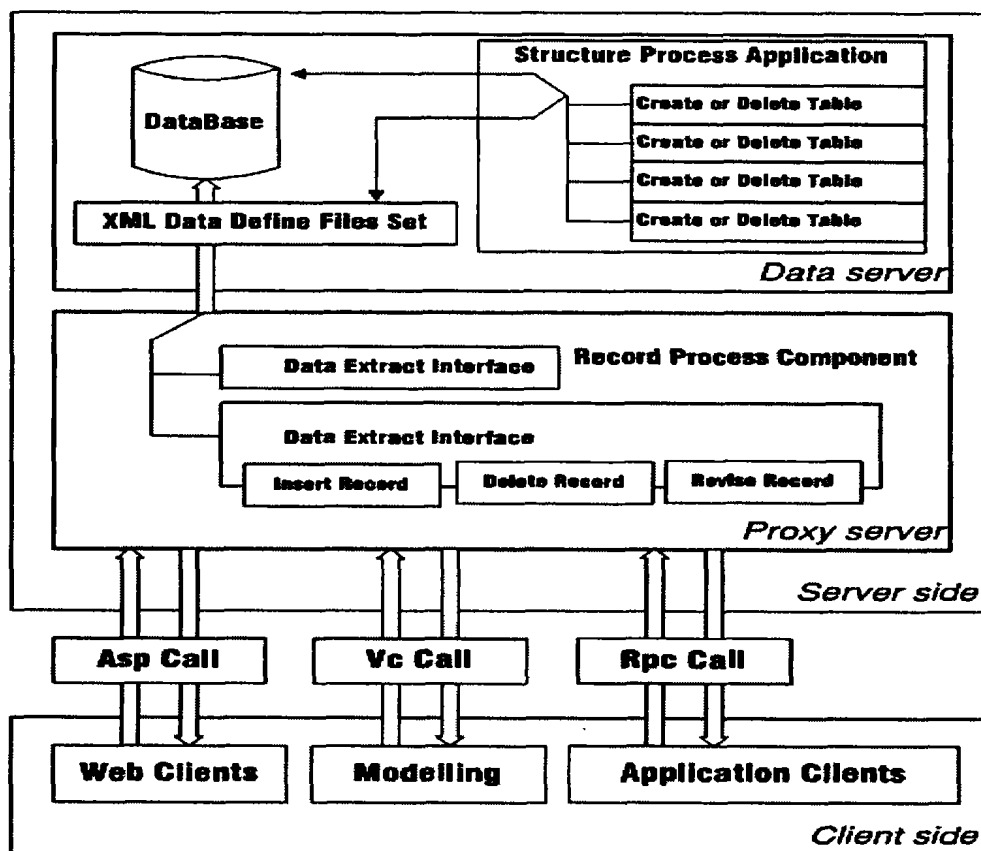


图4 数据库服务器端系统结构

在这种结构情况下,所有的外部应用访问数据库时均根据它对数据库视图的定义进行,而不直接

访问数据库。代理服务器(Proxy Server),即记录操作组件程序(RP Component)——它主要用于对数

数据库记录的修改,客户端、应用服务器和数据库服务的所有对数据的访问均由 RP Component 进行交互处理(嵌入了相应的授权机制),它包括:数据浏览接口,数据修改接口。其中数据修改接口包括数据库记录的修改、删除插入三个基本方法,这个中间件程序被封装成在服务器端后台运行的 ActiveX DLL,它访问数据库时均是根据 XML DDF Set 中的视图定义对数据库进行访问。

在此简单介绍服务器端的工作流程(见图5)。从逻辑上我们将服务器端的应用程序分为内部应用(Internal Server applications)和外部应用(External Server applications)两大部分。

内部应用主要完成涉及数据库结构的定义和改动。具体流程为:

① Structure D/R Requires:由经授权的数据库

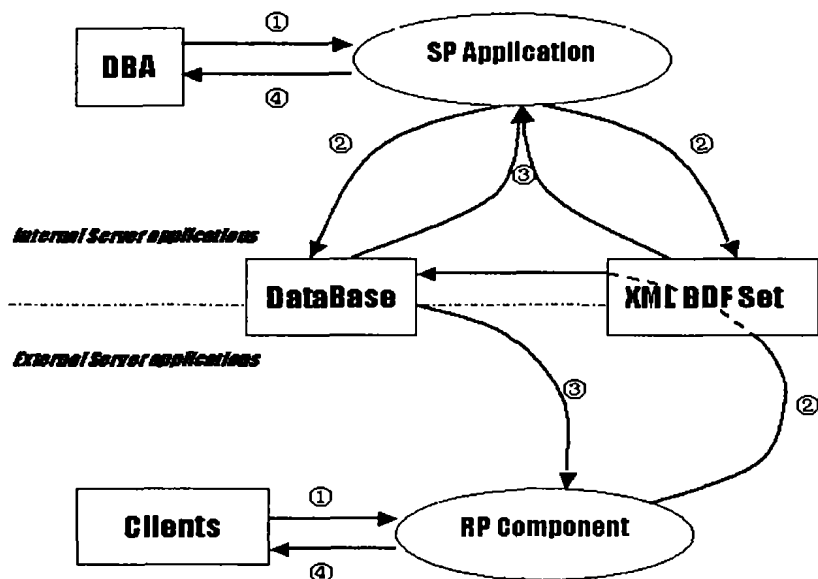


图5 服务器端工作流程

外部应用主要完成数据库记录的浏览、修改。具体流程为:

① Records D/R Requires:由经授权的客户对 RP Component 发出数据记录浏览/修改请求。

② Record Process:RP Component 实际进行数据库记录的浏览和修改工作。所有的访问由于不需要修改数据库表结构,所以均通过 XML DDF Set 中相关视图的定义对数据库进行,但在客户看起来是完全透明的(图5中虚线标出)。

③ Record Process Commit:RP Component 接受数据库记录操作返回信息,并根据返回结果进行相关的数据库事务处理。

④ Result Return:将数据库记录操作的结果提交给客户。

这种三层结构将数据库结构的相关操作全部放在了数据服务器端(Data Server);而将数据库记录

管理员对 SP Application 发出数据库结构定义/修改请求。

② Structure Process:SP Application 实际进行数据库结构新定义和修改工作。包括两个方面:第一,由 Sybase 构建的数据库 DataBase 本身结构的相关操作;第二,XML 数据定义文件集合(XML DDF Set)中相关视图的建立和修改操作(主副本均要同步操作)。

③ Structure Process Commit:数据库结构操作确认,SP Application 接受数据库结构操作返回信息,并根据 DataBase 和 XML DDF Set 的返回结果进行相关的数据库事务处理。

④ Result Return:将数据库结构操作的结果提交给数据库管理员。

的相关操作全部放在代理服务器端(Proxy Server)。外部程序只能通过代理服务器访问数据库记录,而不能修改数据库结构;数据库结构的定义和修改只能由数据库管理员运行 SP Application 进行有限的操作。这样整个系统的功能模块划分十分明确清晰,而模块之间相对独立,便于实现和维护,同时授权和实现安全机制将变得十分容易。更重要的是,代理服务器采用 COM 组件技术和所有视图均放在 XML DDF Set 中定义的思想实现了 ASP 调用与数据库存放的业务逻辑有效分离,为整个系统的良好可维护性和高度可移植性奠定了基础^[15]。

4 性能特点

我们对已开发完成的安徽省防汛抗旱决策支持系统的运行情况进行分析和总结,并将此系统与客户端方式的决策系统进行比较,得出基于 Web 的防

汛抗旱决策支持系统在使用的方便性、覆盖范围;决策的科学性、准确性、实时性;系统的可移植性、可维护性;系统的开放性、安全性;系统与 GIS 平台的结

合;系统建设投资、开发成本等方面均具有明显的优点。详见表1。

表1 基于客户端的 DSS 系统和基于 Web 的 DSS 系统综合性能比较

技术方式 性能特点	基于客户端的 DSS 系统	基于 Web 方式的 DSS 系统
系统使用方便性、跨区域 区域性、覆盖范围	必需安装客户端软件,跨区域、应用范 围受到限制	不需安装客户端软件,跨区域性强、覆盖范 围广
决策的准确性、实时 性	系统决策的过程复杂、要经过多系统会 商、难以做到准确、实时	系统采用多层分布结构,决策准确率较高、 实时性好
可移植性、可维护性	系统可移植性差、维护性不方便	可移植性强、维护方便
开放性、安全性	系统不具有开放性,安全问题难于解决	系统开放性、安全性均较好
与 GIS 系统的集成	系统不能与 WebGIS 平台结合	可以利用 WebGIS 平台发布图形和空间属 性数据等
建设投资、开发成本	较高,有重复性开发	开发成本低,可避免重复开发

(1)跨区域性能强,覆盖范围广,为各级用户提供方便决策服务

系统采用基于 Web 的多层 B/S 体系结构,其特点之一:系统的运用跨越了区域的限制,在省(市)级区域或某流域范围内,各级防汛业务部门的用户或公众只需要登录互联网/防汛专网,运用浏览器,就可访问防汛决策支持系统网站,运用防汛决策系统,根据系统赋予的不同权限,对系统提出操作请求,获取决策数据信息。由于 Web 浏览器已成为几乎所有操作系统的标准配置,所以用户不需要安装任何软件就可以访问本系统,非常方便。特点之二:实现了“瘦客户”结构,客户端只负责数据输入、显示等简单处理工作,对客户端软硬件性能要求低,降低了系统总体开发成本。利用本技术开发的“安徽省防汛抗旱决策支持系统”一期项目,节省了近五分之四的建设投资。软件开发费用由通常客户端软件开发费的一千万元降低到了不足两百万元。该系统已经在安徽省防汛抗旱指挥中心、芜湖市、黄山市、驷马山灌区等十多个防汛单位运用了几个汛期,收到了良好的效果。系统在全省防汛指挥系统通信专网的支撑下,为省防汛指挥部和17个地市防指、7个厅直单位,省委、省政府等单位进行防汛指挥调度、上传下达各种防汛指令、防汛会商、发布洪水预警信息起到了积极的作用。

(2)决策的科学性、准确性、实时性高

决策支持系统最主要的性能要求是系统能够在最短的时间内给出最精确的预测预报结果和决策依据,同时提供方便的人机交互方式,供决策者和专业人员及时地修正边界条件和调度方案,制定出最优的洪水调度方案。基于 Web 的防汛决策系统使用户可以交互地操作后台应用系统程序和数据库,方便地选择各种模型对决策的结果进行模拟,将预测结果直观地显示在 GIS 平台上或以其它可视化方式

显示,并通过网页快速地发布,使防汛抗旱技术人员和指挥决策者能够进行防汛调度方案的比选、方便快捷地处理防汛调度信息和指令。从而有效地提高防汛抗旱决策的科学性、准确性和实时性。

(3)系统可维护性好

由于系统采用多层分布式结构,客户端应用程序和后台应用程序及业务数据库实现了有效分离,用户业务逻辑的改变和新功能的增加可以方便地在业务逻辑层实现,而不影响调用该功能的客户端已有应用程序,降低了因业务需求改变而导致的管理和部署方面的开销,以及系统重新开发费用;另外,RP Component 由于是根据 XML DDF Set 动态生成 SQL 语句,所以当数据库定义改变时,实际上只要相应修改 XML DDF Set 中视图定义即可生成相应新的 SQL 语句,而 ASP 调用代码几乎不用改变。以往一个 B/S 的 DSS 系统的维护主要是由于管理业务逻辑的改变而引起数据库定义的变动,这时约 80%的工作是在修改相应的 ASP 代码上。而在我们的方式中,ASP 代码几乎不用改变,只需修改 XML DDF Set 中一个相应的视图结构即可(实际可以通过 SP Application 自动同步完成该数据库表结构和 XML DDF Set 中修改)。因此,系统的维护代价得到较大降低。

(4)可移植性强

我们设计的 WebDSS 系统具有较高的可移植性。当已有一个现成的 DSS 系统时,以往的方式新建一个类似的 DSS 系统时,由于业务逻辑的不同需要完全重写 ASP 代码,这在整个 DSS 系统构建中约占 60%的工作。而现在这种重复劳动强度在我们设计的 DSS 系统中将大大降低:复制原来的 ASP 代码,并修改 ASP 调用的 RP Component 方法的参数,同时相应修改 XML DDF Set 中的视图定义,工作量约为原 ASP 代码的 20%左右。由此整个项目的

工作量变为原来的52% (= 40% + 60% × 20%)左右,这将非常有效地加快新基于 Web 的 DSS 系统的开发进度,节省开发成本。

小结与进一步研究 本文介绍了一种基于 Web 的防汛抗旱决策支持系统的构建方法。这个方法利用 COM 组件、XML 通用数据交换、WebGIS

等技术成功地将决策支持系统中的管理业务逻辑与客户端 ASP 代码调用分离,使得整个决策支持系统在使用方便、决策科学、准确性高、实时性强的同时又具有较高的可维护性和可移植性。目前,这一技术已成功应用在安徽省防汛抗旱指挥调度系统的建设中(见图6),并获得了用户的好评。



图6 基于 Web 的安徽省防汛抗旱决策系统客户端界面

下一步的研究工作是将现有的决策支持系统技术与人工智能技术结合起来,充分运用现已不断成熟的数据仓库、数据挖掘和专家系统技术,研究出一种基于 Web 的智能防汛抗旱决策支持系统,使系统在现有的先进性基础上,在智能化界面、广义推理、智能化数据库、自学习和自适应能力等方面有新的突破和创新,更好地为防汛抗旱指挥调度服务、为科学决策服务。

参考文献

- 1 俞瑞钊,陈奇著.智能决策支持系统实现技术.浙江大学出版社,2000
- 2 史忠植,等.智能决策系统.中科院计算所,1991
- 3 史忠植,张海俊,何清.智能战略决策支持平台——多主体环境 MAGE,2003
- 4 地理信息系统与管理决策.北京大学出版社,2000-4-1
- 5 潘爱民著.COM 原理与应用.清华大学出版社,1999

- 6 马智民,俞全宏,姜作勤,编著.应用地理信息系统设计与实现.1996.7
- 7 陈秀万著.洪水灾害损失评估系统——遥感与 GIS 技术应用.中国水利水电出版社,1999.2
- 8 修文群.网络地理信息系统
- 9 Hopwood D. A Comparison between Java and ActiveX Security. <http://www.users.zetnet.co.uk>, Oct. 1997 Microsoft Inc., An Overview of Distributed Applications. <http://msdn.microsoft.com>, 2002
- 10 Oberg R J. Understanding & Programming COM+, Prentice-Hall Inc, 2000
- 11 Harold E R. XML Bible (2nd Edition). IDG Press, 2001
- 12 Sturm J. Developing XML Solutions, Microsoft Press, 2000
- 13 Ceri S, Pelagatti G. Distributed Databases Principles and Systems, McGraw-Hill Inc., 1984
- 14 Box D. Essential COM. Addison Wesley Longman Inc., 1997
- 15 张巍,吴强,蔡庆生.可移植 Browser/Server 方式的管理信息系统.小型微型计算机系统,2003

(上接第263页)

5 基本工作流程

除查询明细以外,所有的业务流程都相同。

1. ActiveX 控件把帐号,密码及其他的相关敏感信息加密,通过 Internet 发送给电子银行服务器;
2. 电子银行服务器对从 ActiveX 控件来的消息不做任何处理,透明地发送给电子银行支付网关;
3. 电子银行支付网关接收电子银行服务器发送过来消息,解密之后,变成8583报文,明文传送给银行;

4. 电子银行支付网关处理之后,把消息变成8583报文,传给电子银行网关;

5. 电子银行网关接收8583报文之后,取出消息,对消息加密,发送给电子银行服务器;

6. 电子银行服务器不作任何处理把消息转发给 ActiveX 控件,控件对消息解密,显示出来。

参考文献

- 1 张福德.中国电子商务.蓝天出版社
- 2 中国电信电子商务规范.北京创原世纪信息技术有限公司