

水文情报预报系统开发中的若干问题探讨^{*}

张建云, 轩云卿, 李 健

(水利部水利信息中心, 北京 100053)

摘要 较详细地探讨了水文情报预报系统开发中的若干技术问题, 如系统的体系结构、数据处理和数据库管理、系统的功能设计、系统的可靠性和稳定性设计, 以及地理信息系统的应用等, 介绍了作者多年来在水文情报预报系统研究开发中的经验和体会。

关键词 水文情报预报系统 数据库 网络 软件开发

中图分类号 :TP399 ;P338 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2000)01-0086-05

随着计算机科学和水文科学的发展, 近年来有许许多多用于水文情报和预报的软件系统如雨后春笋般地涌现出来, 并在防汛抗旱中发挥了重要作用, 取得了显著的社会经济效益。1997 年 12 月, 水利部在武汉举办了“全国水文预报技术竞赛”, 有 47 个代表队演示了各自研究开发的系统, 这些系统都是结合各自的生产任务开发的, 各具特色。但作为应用软件系统, 在开发策略、开发方法和开发技术等方面各系统间还存在着较大的差异。本文在总结国内外水文情报预报系统开发经验的基础上, 介绍了笔者在水文情报预报系统研究开发中的体会, 探讨了系统开发中的若干技术问题, 以供读者在今后的水文情报预报系统的建设中借鉴。

1 系统的体系结构

为便于系统维护升级和向分布式的应用系统发展, 在开发过程中一般采用基本模型和方法的模块分散开发和自底向上进行系统集成的开发策略。在系统的结构设计中, 常采用当前软件设计中的分层模型。在计算机软件的发展中, 分层的结构模型大致经历了以下几种模式:

1.1 终端-主机模式

这是最早也是最简单的模式之一。在此种模式下, 主机承担着全部计算及数据存取任务, 终端, 又称“哑终端”(dumb terminal), 是一种“无智能”的设备, 只负责将用户的请求传递给主机, 并将主机的处理结果反馈(显示)给用户, 其中间处理过程均由主机完成。这种计算模式的缺点在于系统性能主要依赖主机的资源, 其灵活性差。运行于 VAX 系列小型机上的一些软件包即属于此种模式。

1.2 两层的客户/服务器(C/S)模式

随着计算机硬件水平的快速发展, 特别是 PC 机性能的不断提高, 以及局域网(LAN)的普及应用, 基于 LAN 的两层客户/服务器模式开始出现并迅速得到广泛地应用。这种应用模式中, 面向用户一端的客户端(client)已不是“哑终端”, 而是有一定处理功能的 PC 或工作站, 系统的图形用户界面(GUI)和用户应用软件等都是在客户端机器上实现的, 而对机器性能要求较高的数据服务则由后端的数据库服务器提供。很明显由于层次的划分带来了硬件资源的合理配置和系统性能的提高。在两层的客户机/服务器的模式中, 运行于服务器的软件一般为基于 UNIX 平台的关系数据库(RDBMS), 运行于客户端的则为根据实际需要而开发的应用软件。近几年研究开发的一些软件系统, 包括目前运行于水利信息中心的汛情监视系统、实时水情查询系统、防汛会商系统和洪水预报系统等多属此类模式。对于较为复杂的应用, 两层模式存在的主要不足是系统性能欠佳, 因为这种模式对用户的业务处理和用户图形界面绑定在一起, 消耗了客户机的系统资源。

收稿日期: 1999-06-07

作者简介: 张建云(1957—), 男, 江苏徐州人, 博士, 教授级高工, 水文学及水资源专业, 主要从事洪水预报及水文情报业务系统的研究开发。

^{*} 水文情报预报系统曾获“全国水文预报技术竞赛”一等奖。

1.3 三层或多层的客户机/服务器模式

两层的客户机/服务器模式将数据库的操作与前端的业务运行隔离开来,从而将程序开发的重点放在了前端的软件开发上。随着分布式系统的开发和应用,对程序代码重用性的要求越来越高,两层模式愈加满足不了要求,为此形成了所谓的三层或多层模型,即将原来属于客户端的用户界面和用户的业务软件进一步细化,在数据库服务器和用户端之间增加新的一层,该层主要完成包括分析计算等在内的用户的业务规则的实现。在这种模式下,其物理结构可以分为数据库服务器、业务规则服务器和用户工作站等三个层次。如果将用户的业务规则逻辑进一步细化,则形成所谓的多层模式。

三层或多层客户机/服务器模式的主要优点表现在:

a. 组件(Component)代码的重用性。系统开发中的每一个基本模型或基本方法均可以作为一个组件单元进行模块开发,这种模式增加了组件代码的重复利用性,节约了软件开发的人力资源,为局域网环境下分布式应用系统的开发提供了技术基础。

b. 系统性能的增强。这种模式可以将一部分组件配置在客户机外性能较高和机器上,所以可以将大量的计算分析工作从功能不强的客户机转移至功能较强的服务器,这种配置的灵活性可以更充分地利用网络上的硬件资源,以提高系统的整体性能。

1.4 WEB 模式

Internet 上的 WEB 模式实质上是一种基于 WWW 的客户机/服务器模式。这里,客户端的软件一般为浏览器,如 Netscape 或 IE 等,通过一定的访问协议,如 HTTP 协议向服务器发送计算或检索请求,并经网络将数据和计算结果返回浏览器。这是一种新的软件体系结构,代表了软件系统开发的方向,为 Internet 网络环境下实现分布式应用系统的开发提供了技术基础。

2 数据处理与数据库管理

2.1 数据处理

数据处理包括信息的接收处理、入库和数据质量检查等几个环节,一般包括四个方面的基本内容:

a. 信息接收及处理。接收各基层水文测站的报讯信息,通过译电软件将水情电报译成水情要素的物理数据并存储入库。

b. 不同数据库的转换。根据需要将其它数据库的数据转储入库。

c. 数据文件入库。将以文件格式存放的数据按照数据库的格式转换入库。

d. 数据录入及检查。将纸质数据录入数据库,可人工输入,亦可扫描,然后应用专用软件进行解译处理。由于解译过程中有可能产生二异性,故入库前需认真地检查核对。

2.2 数据库的管理

根据数据源的数据类型不同,数据库的管理一般有以下两种方式:

a. 文件数据源共享。对于一些不是以数据库的表结构要求存储的,而是以文件的形式存储的信息,如综合气象产品数据库的卫星云图、降水量分布图、气象传真图和防汛调度预案等,是以文件方式进行索引和存放的,对此,采用文件共享方式来读取。该方式的特点是实现过程较为简单。

b. 数据库数据源的连接与操作。多用于实时及历史水雨情数据的查询、检索和管理。

对于数据库的连接和操作有两种方案:

(a) 数据库自带方案。如 Sybase 数据库管理系统提供的 OpenClient 方案,这种方案具有操作速度快、效率高等特点,但编程较为复杂,且难以向其它数据库平台移植,因为数据库的操作涉及到一些 Sybase 数据库的特性。

(b) 商业软件开发工具方案。如微软公司在 VB 和 VC++ 等开发工具中提供的开放数据库连接(ODBC)方案,为各类异构数据库的操作提供了一致的界面,为软件的可移植性打下了基础。目前,微软又发布了基于 ActiveX 技术的开放连接和嵌套数据库管理(OLEDB)方案。这些标准已经成为事实上的工业标准,得到了包括 Sybase 在内的大多数数据库厂商的认可。

微软公司在 VB、VC++ 等开发工具中提供了如下 ODBC/OLEDB 方案:

· 应用程序界面(ODBC API)。该方案操作快速高效,但编程比较复杂。

·数据库引擎(Database Jet).Jet 是微软数据库 Access 的核心,使用 Jet 可以方便地操作 Access,使用其有关功能,也可以对 ODBC 数据源,如 Sybase 等关系式数据库管理系统进行操作,同时 Jet 还提供了对许多数据格式,如 Foxpro,Excel 等的广泛支持,为使用各种数据源提供了技术基础.在应用系统开发中常采用 Database Jet 来进行各种本地数据格式的转换.

·远程数据对象 RDO.用 Jet 处理本地数据虽然方便,但对大型的关系式数据库,如 Sybase 等的操作尚显力不从心,这是由于大多数数据库都运行于网络之上而非在本机上,而 Jet 是在 ODBC API 的基础上增加了若干层次,使得访问的效率下降;其二,多数关系式数据库管理系统使用了库、表、触发器、存储过程等概念,这些在 Jet 中尚未得到全面的支持.因此,为访问网络环境下比较大型的关系式数据库而专门设计了远程数据对象(RDO).RDO 的主要特点是 (a)对象分层次,有库、表、行、列等与数据库中的物理结构一一对应,便于操作.(b)RDO 直接构造于 ODBC API 之上,因此操作效率高.

3 系统的功能设计

水文情报预报系统的功能要紧密地结合防汛抗旱工作的实际需要,并根据水文情报预报工作的业务流程进行设计,在强调系统的先进性的同时,更要注意系统的实用性.水文情报预报系统一般具有以下四方面的基本功能:

- a. 信息接收与数据处理.包括信息的接收与入库处理、数据的传输、数据的加工和预处理等.
- b. 水情预测预报.包括应用历史数据进行模型参数的识别和优化,应用实时水文数据进行实时水情预报、实时校正预报和考虑未来降雨预报的水情预测.
- c. 信息服务.提供快速准确的信息查询和检索,包括常规水文气象信息、卫星云图和测雨雷达回波图的动画显示等.
- d. 系统维护和管理.包括系统初始状态和参数的设置与调整、系统的用户和准入管理、系统的在线帮助等.

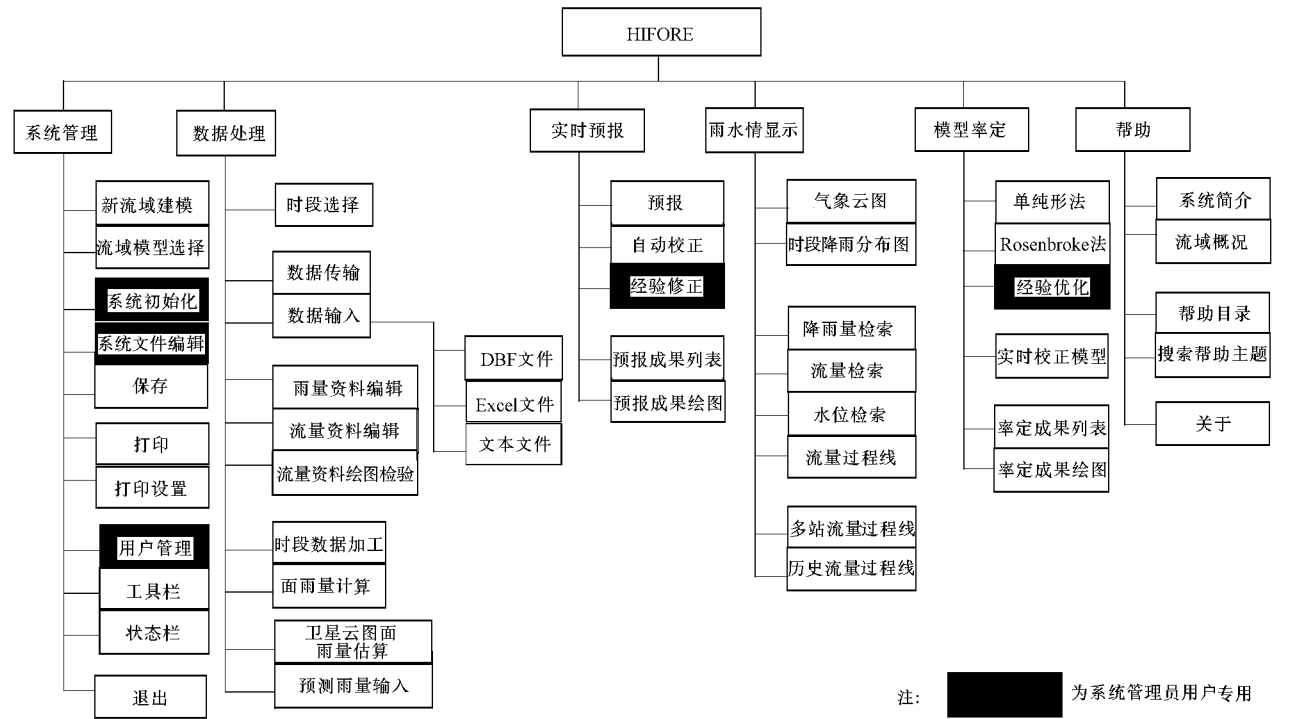


图 1 HIFORE 系统菜单示意图

Fig.1 Menu of the HIFORE

作为个例,图 1 给出了水利部水利信息中心研究开发的水文情报预报(HIFORE)的功能菜单. HIFORE 在系统设计上具有下列特点 (a)功能全面.(b)水文模型库和方法库提供了强有力的技术支持.系统提供了多种模型和方法,操作者可以根据具体的应用进行选择.(c)通过标准化模块化的开发,使得系统

具有较强的通用性和开放性。(d)系统自动化程度高。本系统提供了两种参数自动化优化方法,模型的全部参数均可由目标函数控制一次性自动优选出最优值,避免了人工试错的主观误差,并节省了大量时间。系统的数据处理、联机实时预报、信息查询、成果输出等均可由 GUI 直接驱动,自动完成,操作者不需对模型、计算方法和系统本身有较深的了解。(e)具有一定的人机交互功能,包括模型和方法的选择、未来短历时降雨估计分析及其输入、模型参数经验优选,以及在实时预报中模型参数的经验修正等。

4 系统的可靠性和稳定性

在系统的开发中,可采取下列措施以保证系统运行的可靠性。

a. 系统准入管理。将用户分为不同的用户类别,如一般用户和超级用户,采取多级保护口令,限制一般用户的应用范围,避免一般用户误操作所带来的影响。

b. 菜单逐级变灰技术。在水文情报预报系统中,任务执行是通过菜单选项驱动的,而菜单中的部分选项是有严格的先后顺序的,往往只有在一项任务结束后,才建立另一项任务的运行环境。在这种情况下,可采用未选菜单逐级变灰(未击活状态)技术,保证菜单选项的正确顺序,以避免选项顺序颠倒而导致的系统运行的不稳定或计算结果不可靠等现象。

c. 加强数据的错误识别和纠错功能。采取多种数据质量控制方式,如逻辑判别,一些物理变量的非负性检查等自动识别,发现的差错,有些可自动修正,有些则通过信息框显示数据错误类型和内容,以便人工纠正。

5 地理信息系统(GIS)的应用

GIS 在水文情报预报系统中的主要应用包括:

a. 信息查询和空间信息分析。在水文情报预报系统中,一般以数值化电子地图为背景,应用 GIS 和数据库管理技术,实现水情信息的查询、检索、显示和有关分析计算。

b. 模型参数的确定。流域水文模型的大多数参数都与流域的地理信息有关。一些参数,如河道的长度、坡度、流域的坡度、重心、土壤分布及土地利用面积等,均可应用 GIS 直接根据地理信息分析确定。另一些模型参数,如流域下渗能力、流域地貌单位线等可应用 GIS 间接地根据地理信息分析计算。

c. 分布式水文模型开发。GIS 可以提供详细的地理信息空间分析资料,因此可以根据流域下垫面条件,将流域划分为满足分辨率要求的许多不规则多边形单元或规则的栅格,以充分考虑下垫面条件和降雨等要素在空间的不均匀分布。GIS 的应用增加了流域水文模型的物理基础,也使得分布式流域水文模型在近几年有了很快的发展。

d. 数字高程模型(DEM)的应用。DEM 除了应用于流域的汇流计算外,还可以与水力学模型一起应用,快速、客观、准确地进行灾情评估和分析,如计算行蓄洪区的淹没范围、分洪水量等。

因此,GIS 在水文情报预报工作中得到了越来越广泛的应用。需要指出的是,GIS 具有很好的信息管理、检索、空间分析和显示功能,但不可能取代水文模型。在应用系统开发过程中,仍需加强模型和方法的理论研究工作。

6 结 束 语

在水文情报预报系统中,系统的体系结构、数据库管理系统及其应用软件的开发、系统的功能设计、系统的可靠性和稳定性、地理信息系统等新技术的应用等是开发过程中的几个关键问题。笔者通过总结 HIFORE 系统开发中的经验,对上述问题进行了较深入的探讨。

在 HIFORE 的开发中,远程信息的传输应用全国水情计算机广域;系统开发采用两层的客户机/服务器(C/S)体系结构,这种结构存在的问题是未能充分发挥系统的功能,以后的系统开发应向三层客户机/服务器模式或 WEB(浏览器/服务器)模式发展;数据库的管理对于数字型信息采用 Sybase 数据库管理系统,图形、图像和文本信息采用服务器文件管理;数据库的开发应用采用 VB 的开放数据库连接(ODBC)方案;系统安全方面采用了用户分级、多级口令准入、菜单逐级变灰等技术,提高了系统的可靠性和稳定性。

参考文献：

[1] Zhang Jian Y. A decision support system for water management at catchment scale based on a GIS[D] [Ph. D Thesis]. Ireland :National University of Ireland ,1996.

[2] 张建云 ,张瑞芳 ,朱传保等 .水文预报及信息显示系统开发研究 [J].水科学进展 ,1996 ,7 (3) 214 ~ 220.

Discussion on Some Key-points in Concerning the Development of
Hydrological Information and Forecast System

ZHANG Jian-yun , XUAN Yun-qin , LI Jian

(Water Resources Information Center ,Ministry of Water Resources ,Beijing 100053 ,China)

Abstract :In this paper ,some key-points concerning the development of a hydrological information and forecast system , such as the software structure of the system , data processing technique and database management system ,design of system functions ,the reliability and stability of the system ,and applications of GIS ,etc. ,are studied and discussed ,and the experiences of the authors in developing hydrological information and forecast systems are introduced briefly.

Key words :hydrological information and forecast system ;database ;computer net ;software development



· 简讯 ·

当前世界上已建及在建装机在 300 万 kW 以上的巨型水电站

序号	电站名称	国 别	河 流	坝 型	坝高 /m	装机容量 /万 kW	年电量 (亿 kW·h)	库容 /亿 m ³	开 始 投入年	完建年
1	三 峡	中 国	长 江	重力坝	175	1 820	840	393	(2003)	(2009)
2	伊泰普	巴西/巴拉圭	巴拉那河	双支墩坝	196	1 260	790	290	1983	1992
3	古 里	委内瑞拉	卡罗尼河	重力坝	162	1 030	510	1 380	1968	1986
4	大古力	美 国	哥伦比亚河	重力坝	168	649.4	248	118	1942	1979
5	萨扬舒申斯克	俄罗斯	叶尼塞河	重力坝	245	640	235	313	1978	1987
6	克拉斯诺雅尔斯克	俄罗斯	叶尼塞河	重力坝	124	600	204	733	1968	1971
7	邱吉尔瀑布	加拿大	邱吉尔河	土石坝	32	542.8	345	334	1971	1974
8	拉格朗德二级	加拿大	拉格朗德河	心墙堆石坝	168	532.8	358	617	1979	1982
9	布拉茨克	俄罗斯	安加拉河	重力坝	125	450	226	1 690	1961	1966
10	乌斯特伊里姆	俄罗斯	安加拉河	重力坝	105	432	217	594	1979	
11	图库鲁伊	巴 西	托坎廷斯河	心墙堆石坝	98	400	228	458	1984	1990
12	鲍谷昌	俄罗斯	安加拉河	重力坝	87	400	178	582		
13	罗 贡	塔吉克	瓦赫什河	土石坝	300	360	136	86	1990	
14	塔贝拉	巴基斯坦	印度河	土石坝	143	347.8		137	1977	
15	二 滩	中 国	雅砻江	双曲拱坝	240	330	170	58	1998	1999
16	帕 蒂	阿根廷	巴拉那河	重力坝	36	330		380		
17	伊拉索耳台拉	巴 西	巴拉那河	重力坝	74	320	123	221	1973	
18	钦 古	巴 西	圣弗兰西斯科河	面板堆石坝	150	300	184	38	1994	1997

(摘自《水利水电科技进展》1999 年第 6 期)