基于 Web Service 的在线水文模型服务研究

朱仕杰[1],南卓铜[2],陈 昊[2],刘 勇[1]
(1. 兰州大学资源环境学院,甘肃 兰州 730000;
2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000)

摘要:通过分析目前水文模型本地服务模式的不足,针对当前国内外 Web Service 技术在水文信息系统中的应用现状,设计并实现了一个基于 Web Service 技术的在线水文模型服务系统,示范了基于 Web Service 技术的网络数据获取、水文模型运行模拟等过程,说明基于 Web Service 技术的在线水文模型服务较好地实现了水文模型网络共享,支持异地模型访问。建议在线水文模型服务结构从网络数据库/数据中心获取数据,一定程度上解决了传统模式从本机上传海量数据等问题。这种在线水文模型服务模式节约了模型运行成本、降低了用户要求,在具体水文水资源管理事务中具有较好的应用和拓展前景。

关 键 词:Web Service;水文模型;在线模型服务;数据中心;新安江模型;TOPMODEL 模型
中图分类号:P 333.9 **文献标志码**:A **文章编号**:1004-0323(2010)06-0853-07

1 引 言

传统的水文模型研究和应用都是在本地机器上实现,即模型、数据、人力等资源均部署在同一台计算机上。这种基于本地服务的模型应用模式具备:①使用本地机器的计算资源运行模型;②本地机器或者局域网上存放模型运行所需的全部数据,对于复杂水文模型,多年大区域的模拟可能要求海量的数据;③在同个地点部署模型运行的硬软件环境和人力资源,限制了使用人员异地访问模型资源的能力。依目前水文模型应用和发展趋势来看,水文科学模型越来越多用于政府决策提供科学依据,除了研究人员,利益团队和社会公众也表现出越来越多的参与兴趣。水文模型不再是研究人员专用。本地模式很难满足这种需求[1,2]。

随着 Web 技术的快速发展,Web Service 技术成为实现网站间资源调用的 W3C 推荐方法。Web Service 与平台无关、与编程语言无关;同时对 Web Service 提供者来说不需考虑客户端,不同用户通过各自的网站界面即可应用程序。这对促进资源共享、数据/信息传输、程序的利用率等方面具有明显优势,是互联网未来发展趋势[3]。因而进行基于 Web Service 的水文模型应用研究,对促进水文模型应用,拓展水文信息学[4,5]发展等方面具有重要意义,基于 Web Service 的模型运行可以降低模型应用门槛,降低模型运行成本,推动公众参与水资源管理;Web Service 技术较好地解决了跨平台模型相互调用的问题,也可以充分利用服务器强大的计算资源。

国内外对基于 Web Service 技术的数据或模型应用研究始于本世纪初。美国的水文科学发展大学联盟(CUAHSI)基于 Web Service 技术,使用统一的接口,为全联盟 100 余所大学的水文数据库提供统一的界面,通过该界面,用户只需登录任何一所学校网站,通过该主页进行数据查询、获取等,而不需登录其它学校主页[6]。Yuan[7]及 Granell[8]等对基于 Web Service 技术的空间数据发布进行研究,并就如何实现与 Google Maps 整合进行探讨。Donchyts[9]等对不同环境模型进行封装,并向外提供统一的接口方式,提出一种基于 Web Service 技术的多模型集成方法。国内对基于 Web Service 技术在水文模型服务方面研究较少,2005 年于海龙[10]等对小流域地貌演化模型封装进行尝试,完成了基

收稿日期:2010-03-04;**修订日期**:2010-11-11
基金项目:国家自然科学基金项目(40501054、90502010),国家 863 计划项目(2008AA12Z205)资助。
作者简介:朱仕杰(1983—),男,硕士,主要从事 Web 服务、水文模型应用相关研究。E-mail:zhushj06@lzu.cn。
通讯作者:南卓铜(1977—),男,副研究员,主要从事空间决策支持系统、空间建模环境及 GIS 开发与应用。E-mail:nztong@lzb.ac.cn。

于 Web Service 技术的小流域地貌演化计算，初步解决了系统集成模式实现小流域地貌演化计算功能中的冗余、重用困难、集成界面复杂等问题。

在目前的研究中，研究者们大多基于 Web Service 技术进行单一的模型或模型库、数据或数据库的封装研究，以期提供统一的接口，便于用户使用[11]。但缺乏对模型和数据综合应用研究。传统的在线水文服务，要求数据由用户上传至模型服务器。水文模型运行往往需要大量科学数据的支持，对网络带宽提出很高要求，由于传输速度限制甚至使得在线水文模型服务不可行。考虑到现在科学数据中心的发展，我们提出基于 Web Service 技术，实现对网络数据的自动查询，结合研究区网络数据现状，选择并标识以当前数据为基础的可运行水文模型，同时以本机数据为补充，远程运行模型并获得模拟结果。

本文首先对基于 Web Service 的在线水文模型服务框架进行探讨，然后在此基础上设计和实现了一个示范性应用系统，即构建了基于 Web Service 的水文模型库和一个简单的客户端应用程序，通过客户端很容易实现网络水文模型、网络数据调用，以充分利用服务器的计算和在线数据资源。

2 基于 Web Service 的水文模型服务

2.1 Web Service 技术

Web Service 是 W3C 推荐的一种实现网络间资源相互调用的开发规范，是模块化、自描述、自包含的应用程序，能够通过 Web 发布、查找和动态调用[3]。Web Service 结构包括 3 个主体：服务提供者、服务请求者和服务代理；3 个操作：发布、查找和绑定（图 1）。

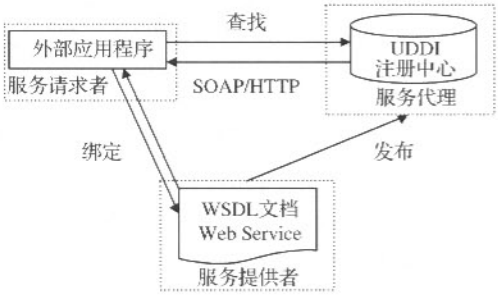

图 1 Web Service 体系结构

Fig. 1 Components of a common Web Service

在 Web Service 体系中使用 WSDL（Web Service Description Language，Web 服务描述语言）来描述服务，形成一个 WSDL 文档，作为 Web Service 与外界交互的中介；用 UDDI（Universal Description，Discovery，and Integration，统一描述、发现和整合服务）来发布、查找服务，开发者将 WSDL 文档的 URL（链接地址）发布到 UDDI 注册中心，实现网络其它应用对其的发现；SOAP（Simple Object Access Protocol，简单对象访问协议）执行服务调用，即当其它应用程序取得 WSDL 文档的 URL 后，只需访问这个 URL 就可以与服务取得联系，用 SOAP 实现远程调用[1-2,12]。

2.2 基于 Web Service 的在线水文模型服务结构

基于 Web Service 技术的水文模型服务由用户及用户界面、网络科学数据中心、网络模型中心、本地数据等部分构成（图 2）。其中数据服务中心是 Web Service 封装模块实现系列网络数据管理的统一接口，从而实现不同用户（人或模型）可以直接调用接口完成数据查询、获取，数据格式采用 XML、JSON 等格式存储。模型服务中心需要实现对多种模型的抽象（如驱动数据、模型参数等），并对抽象结果进行封装[12]，设置相应的接口提供给用户，模型以 Web Service 方式表示，一个水文模型相当于一个 Web Service，一般由开发人员完成。UDDI 注册中心存储了所有数据、水文模型及其操作接口信息，从而使用户可以方便地发现模型和数据服务并进行交互。用户界面是用户实现模型操作、数据分析、结果显示的界面，包括使用了模型和数据服务的客户端应用程序和 Web 浏览器等，主要用于运行/调用网络模型中心的模型、对网络科学数据中心数据进行二次处理，以及获取模型运行结果和数据可视化。

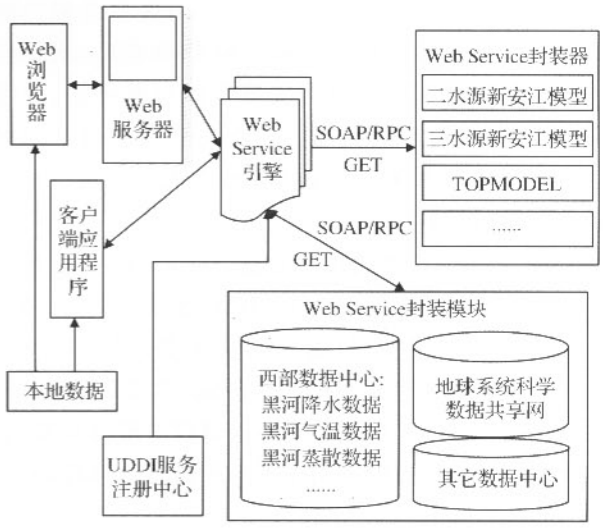

图 2 基于 Web Service 技术的水文模型服务逻辑框架

Fig. 2 The framework of online hydrological model services using the Web Service technology

UDDI 注册中心存储 WSDL 文档，用于其它应用程序的查询、操作。

用户通过客户端界面（或 Web 浏览器），在模型中心选择适当的水文模型，一旦确定运行某一具体模型，模型利用科学数据中心提供的数据 Web 服务从不同的数据中心（如中国西部环境与生态科学数据中心[13]、地球系统科学数据共享网等）搜索可满足模型运行的各类数据，通过 SOAP 协议或 HTTP 协议中传输数据。当数据中心具备某类数据，但不是模型需要的格式和时空分辨率，数据中心数据 Web 服务则提示用户需要下载数据至本地，用户处理后上传给模型服务。当模型需要数据中心不具备的数据时，模型服务提示用户需要从本机上传数据。为减少带宽要求，数据经过 GZIP 压缩后在网络上传输。另一方面当用户指定研究区域，系统在取得来自科学数据中心和用户上传的数据后，对模型服务中心中的模型进行必要的标识，模型运行将结果返回到客户端，实现模型模拟流程。

3　系统的 Web Service 实现

3.1　数据接口设计

本文以中国西部生态和环境科学数据中心（http://westdc. westgis. ac. cn/）（简称西部数据中心）[13]为数据源。该数据中心包括了中国西部的环境、生态、气候气象、农业、遥感等数据集，特别包括了作为本文研究区的黑河流域的降水、气温及其它驱动数据。对于数据中心无法提供用户（模型）所需数据或者数据格式不匹配时，则需借助本地数据或对将数据中心相关数据下载到本机进行处理，形成模型运行所需的数据集上传至模型服务器，进行模型模拟。

结合模型运行对数据的需求，设计的数据服务接口主要包括用户数据上传、数据库查询、数据库结果返回 3 个部分。具体定义参见表 1。

表 1　数据部分接口定义

Table 1　Definitions for parital data interfaces

接口名称	接口函数名称	接口功能
用户数据上传接口	DataUp(ByVal File As String, ByVal FileName As String) As String	用户上传数据
数据库查询接口	DataQuery(ByVal path As String) As String()	查询网络数据库
数据库结果返回接口	GetData (ByVal SelectedTables As String(), ByVal SelectedColumns As String()) As String	将数据库查询结果返回

3.2　水文模型接口设计

模型服务通过抽象水文模型要素，如模型名称、驱动数据、配置参数等，对此类要素进行封装，形成应用接口，并提供给用户。本文构造的模型服务中心以二水源新安江模型、三水源新安江模型（两种类型的新安江模型由不同的输入参数控制）及 TOPMODEL 3 个水文模型为例进行抽象、封装。

根据水文模型运行需要输入驱动数据、配置参数等的特点，在设计水文模型服务中心时主要从模型列表、模型数据输入、模型配置文件设置、模型运行及结果输出 4 方面考虑，并设置相应接口。用户只需通过调用相关的接口便可查看模型种类，实现数据输入及参数文件的配置、运行模型并得到结果。各个接口的具体定义参见表 2。

表 2　模型部分接口定义

Table 2　Definitions for major model interfaces

接口名称	接口函数名称	接口功能
模型列表接口	ModelList () As String()	返回服务器上已有模型的种类
模型数据输入接口	DataInput(Byval data As String) As String()	将传至服务器的数据按需组合后传递到模型
模型配置文件设置接口	Params(ByVal Params As String) As String	主要用于配置模型运算所需的参数，如果用户没有输入则提示用户可选默认值
模型运行及结果输出接口	ModelRun(ByVal name As String) As String	运行模型并返回结果

3.3　接口的 Web Service 实现

系统内所有的数据利用 XML 语言描述，以简单对象访问协议（SOAP）的方式完成各个组件间的数据、信息交换。由于数据服务中心和模型服务中心提供了统一的接口，对于任意用户来说，既不需要关心模型的种类，也不需要关心数据的后台存储方式，只要直接调用模型服务中心提供的模型接口，就可以自动查询所需数据，完成模型运行并得到结果。

本文采用以 XML 为基础用于描述 Web Service 的 WSDL 语言实现水文模型描述。WSDL 主要描述 Web Service 完成的工作、使用的方法、服务的位置与错误等信息[3]。不同系统之间将通过交换 WSDL 文件来获取相关服务信息，一个 WSDL 文档通常由 WSDL：binding、WSDL：portType、WSDL：message、WSDL：type 与 WSDL：service 等元素描述。其中 WSDL：portType 定义了 Web Service 执行的操作，并通过操作定义输入与输出数据流中可以出现的 XML 消息；WSDL：message 用于定义操作的输入与输出的消息；WSDL：types 描述 Web Service 使用的数据类型；WSDL：binding 描述 Web 服务所使用的通信协议，包括特定服务接口（WSDL：portType）的协议、数据格式、安全性和其它属性。下面是基于 WSDL 的关于模型运行（ModelRun）的主要描述。

```
<wsdl:definitions>
  <! --消息定义-->
    <wsdl:message name="ModelRunSoapIn">
    <wsdl:part name="parameters" element = "tns:Model Run" /> </wsdl:message>
    <wsdl:message name="ModelRunSoapOut">
    <wsdl:partname="parameters" element= "tns: Model Run Response "/> </wsdl:message>
  <! --服务接口定义-->
    <wsdl:portType name="Service1Soap">
    <wsdl:operation name="ModelRun">
    <wsdl:input message="tns:ModelRunSoapIn" />
    <wsdl:output message="tns:ModelRunSoapOut" />
    </wsdl:operation>
    </wsdl:portType>
  <! --服务绑定定义-->
    <wsdl:binding name="Service1Soap" type="tns:Service1Soap">
    <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/ soap/http" />
    <wsdl:operation name="ModelRun">
    <soap:operation soapAction="http://tempuri.org/ Model Run" style="document" />
    <wsdl:input>
    <soap:body use="literal" />
    </wsdl:input>
    <wsdl:output>
    <soap:body use="literal" />
    </wsdl:output>
  <! --这里的 literal 表示是一个 Literal/non-Encoded 消息，如果是"encoded"，则表示这个消息通过已定义好的一组编码规则产生-->
    </wsdl:operation>
    </wsdl:binding>
    <! --描述服务的调用地址等-->
    <wsdl:service name="Service1">
    <wsdl:port name="Service1Soap" binding="tns:Service 1Soap">
    <soap:address location="http://localhost:7747/Service1.asmx" />
    </wsdl:port>
    </wsdl:service>
  </wsdl:definitions>
```

上述通过 WSDL:portType 定义了服务接口；通过 WSDL:message 描述了接口的输入输出参数；通过 WSDL:binding 描述了接口调用协议、数据格式等信息；该描述是实现服务注册、发布、发现、集成的基础。

4　客户端应用示例

数据服务和模型服务位于一个或多个远程服务器上。访问数据或者模型服务，一般使用浏览器通过网页来访问，或者建立客户端应用程序来使用这些服务。后者提供了比浏览器更灵活的访问方式。在本示例中，我们实现了一个简单客户端，演示如何使用数据服务和模型服务。

4.1　用户应用流程

用户进入客户端应用程序以后，应用程序询问用户本机是否存在数据且可用，如果用户有自己的数据，则通过“数据上传接口”上传；如果用户没有自己的数据，则可以使用“数据库查询接口”从科学数据中心获取可用数据列表，选择合适数据（图 3）。

确定数据情况后，根据本机上传至服务器的数据、来源于数据中心的数据，系统自动判断并标识哪些模型可用、哪些模型因数据不足不能运行。用户通过模型列表进行模型选择，如果选择因数据不足不能运行的模型，系统将提示用户并建议用户重新进入数据库选择合适的数据；如果用户选择了可运行的模型，模型则自动通过“模型数据输入接口”从数据库中获取相应数据，运行并返回计算结果。

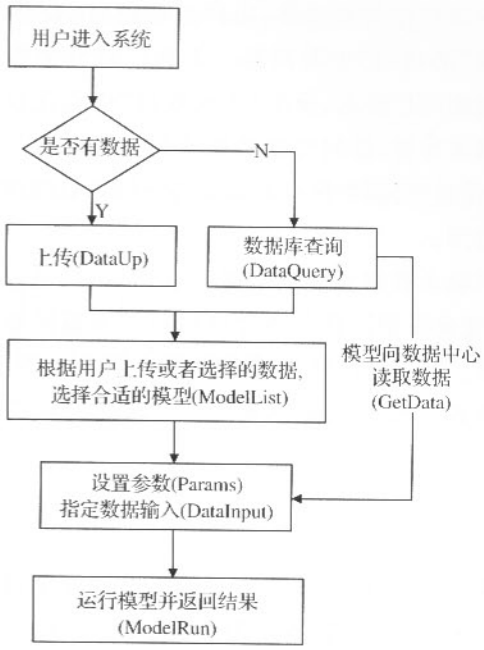

图 3　客户端结构图

Fig. 3　The workflow of the client application which consumes the proposed model and data services

4.2　结果与验证

本文以 Visual Basic . NET 2005 为开发平台，建立一个简单的客户端操作界面（图 4），实现一个通过调用水文模型服务来进行数据查询、数据处理及模型运行的客户端应用程序。通过该客户端界面，实现了模型运行所需数据的检索、返回及处理以及水文模型的运行模拟等。

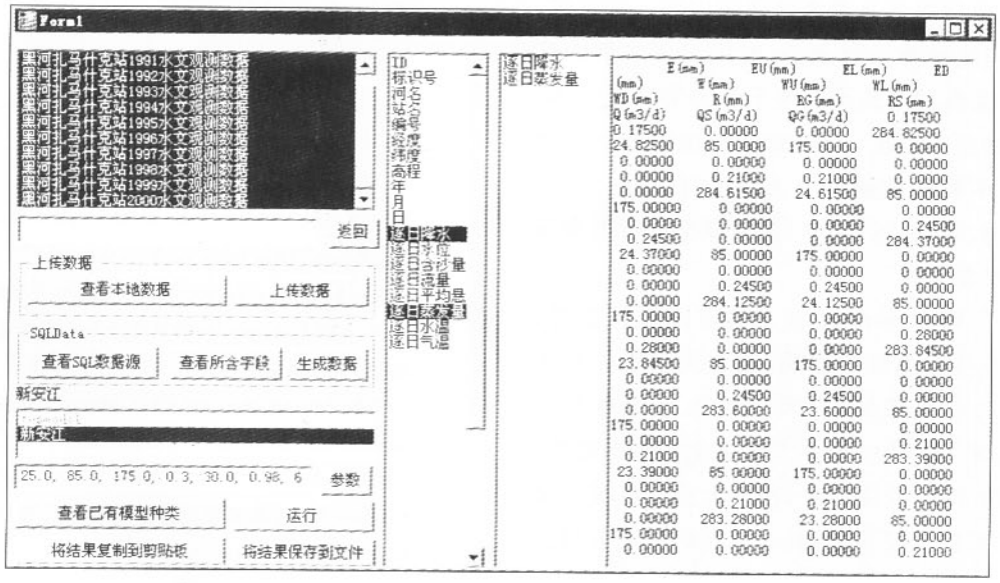

图 4　客户端应用程序界面

Fig. 4　Screenshot of the running client application

在客户端应用程序，用户可以通过“查看SQL数据源”来访问“中国西部生态和环境科学数据中心”，根据用户需求，使用“生成数据”格式化获取的黑河降水数据、黑河气温数据或其它驱动数据。使用“上传数据”将数据从本地上传至服务器端供水文模型使用。

在输入数据和参数配置都合适以后，通过激发服务，完成模型运算并通过网络将结果返回至客户端程序。用户可以将结果数据保存到本地硬盘，或者作为其它模型的输入数据，完成进一步的分析计算。

5 结 语

本文基于Web Service技术，设计并完成了一个在线水文模型服务原型框架。说明基于Web Service技术的在线水文模型服务很好地实现了水文模型网络共享，支持异地的模型访问。通过与科学数据中心的数据服务相连接，水文模型服务除了从客户端上传数据，也可以从数据中心获取数据。借助科学数据中心提供的大带宽，缓解了传统从本机上传海量数据对网络带宽的压力。

该原型系统作为一个示范性在线水文模型服务框架，虽然在功能、结构设计、具体实现上存在不足，如客户端界面没有采用更为轻量的Web浏览器等，集成的模型也是相对简单的新安江模型和TOPMODEL模型。但作为Web Service技术在空间数据服务、在线模型服务及两者综合应用的一次尝试，结果充分表明这种与平台无关、对用户要求低的基于Web的水文模型模式不但便于各类用户应用，降低了专业模型操作难度，同时充分利用服务器的计算资源，降低本机的软硬件要求。这对促进公众参与水资源管理、降低运行成本、提高模型运行效率等方面具有重要意义。

随着基于Web Service技术的空间数据服务、水文模型服务技术的日趋成熟，耦合人工智能技术（如Ontology、专家系统等）和网络地理信息系统（WebGIS）技术，为用户提供界面友好、操作简单、智能程度高的Web应用程序，将成为进行流域水文模拟、资源管理的重要平台，具有广阔的应用前景。

参考文献(References)：

[1] Shi Lei, Guo Jiansheng, Zhou Gang. Research on Model Base System based Web Services[J]. Computer Knowledge and Technology (Academic Exchange), 2007, 5: 1201-1203. [石磊，郭建胜，周刚. 基于Web Services的模型库系统开发研究[J]. 电脑知识与技术(学术交流)，2007，5：1201-1203.]

[2] Zhang Zhenxing, Wang Cuiru, Liu Jianfeng, *et al*. Research and Implementation of Model Base System based on Web Services[J]. Journal of North China Electric Power University, 2003, 30(4): 78-81. [张振兴，王翠茹，刘建峰，等. 基于Web服务的模型库的研究与实现[J]. 华北电力大学学报，2003，30(4)：78-81.]

[3] W3CNote Web Services Description Language (WSDL)[EB/OL]. http://www.w3.org/TR/wsdl, 2001.

[4] Abbot M B. Hydroinformatics[M]. UK: Avebury Technical, 1991.

[5] See L, Solomatine D, Abrahart R, *et al*. Hydro-informatics: Computational Intelligence and Technological Developments in Water Science Applications-editorial[J]. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 2007, 52(3): 391-396.

[6] Whiteaker T, To E. CUAHSI Web Services for Ground Water Data Retrieval[J]. Ground Water, 2008, 46(1): 6-9.

[7] Yuan Y H, Cheng Q M. Integrating Web-GIS and Hydrological Model: A Case Study with Google Maps and IHACRES in the Oak Ridges Moraine Area, Southern Ontario, Canada [C]//Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS, 2007, (7): 4574-4577.

[8] Granell C, Diaz L, Gould M. Geospatial Web Service Integration and Mashups for Water Resource Applications[C]//The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Beijing: 2004.

[9] Donchyts G, Treebushny D, Primachenko A, *et al*. The Architecture and Prototype Implementation of the Model Environment System[J]. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2007, 4: 75-89.

[10] Jia W J, Chen Y M, Gong J Y. Implementation of OGC Web Map Service based on Web Service[J]. Geo-Spatial Information Science, 2004, 7(2): 148-152.

[11] Li Hairong, Fang Zhongchun, Hao Changsheng. Study and Implementation of the Peer to Peer Update System Used Heterochronous Data bases on Web Service[J]. Computer Applications and Software, 2006, 23(5): 43-45. [李海荣，方中纯，郝长胜. 基于Web Service的异质数据库对等更新的研究与实现[J]. 计算机应用与软件，2006，23(5)：43-45.]

[12] Ge Yan, Huang Dongmei, Chen Ming, *et al*. Design of Model Base System based on Web Services[J]. Computer Engineering, 2007, 33(7): 258-261. [葛艳，黄冬梅，陈明，等. 基于Web Services的模型库系统设计方案[J]. 计算机工程，2007，33(7)：258-261.]

[13] Li Xin, Nan Zhuotong, Wu Lizong, *et al*. Environmental and Ecological Science Data Center for West China: Integration and Sharing of Environmental and Ecological Data[J]. Ad-

vances in Earth Science, 2008, 23(6): 628-637. [李新，南卓铜，吴立宗，等. 中国西部环境与生态科学数据中心：面向西部环境与生态科学的数据集成与共享[J]. 地球科学进展，2008，23(6)：628-637.]

Online Hydrological Model Service Using Web Service

ZHU Shi-jie[1], NAN Zhuo-tong[2], CHEN Hao[2], LIU Yong[1]

(1. *College of Resource and Environmental Science, Lanzhou University, Lanzhou* 730000, *China*;
2. *Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou* 730000, *China*)

Abstract: Traditionally, hydrological models are running on a local computer together with all necessary driven data and parameters. With the development of the Internet, models and data are increasingly shared across the Internet, which makes public involvements possible when models are used for public decision making. This paper proposed a framework for online hydrological model services using the Web service technology. The system architecture and key implementation issues were discussed. An example client application demonstrates the utilization of such model and data services. The framework is highlighted by accessing data from online data centers. By linking to the online data centers, for example, to the Environmental and Ecological Science Data Center for the West China, the system can obtain most data for the model from the data center, in such way we mitigate the pressure of data transfer between user and model server. The proposed online hydrological model framework makes hydrological model run on remote servers, lowering operation costs. It can be helpful in water related management practices which often use hydrological models and want public to involve.

Key words: Web Service; Hydrological model; Online model services; Data center; Xin'anjiang hydrological model; TOPMODEL