

智慧流域及其应用前景

蒋云钟, 冶运涛, 王 浩

(中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

摘 要 为了应对全球气候变化和人类剧烈活动导致的水资源短缺、洪灾旱灾并重和生态环境恶化等复杂水资源情势, 推动流域信息化水平向更高层次发展, 借鉴“智慧地球”的理念提出了“智慧流域”这一概念. 分析了智慧流域建设的战略需求和技术推动因素, 提出了智慧流域的涵义并阐述了其特征, 设计了智慧流域总体框架, 对其中使用的关键技术和支撑平台, 如物联网技术、射频识别标签、无线传感器网络、云计算与云存储、流域虚拟现实系统平台、基于多源耦合的气象水文信息保障平台、二元水循环数值模拟平台、水资源数值调控平台和流域数据同化系统平台等进行了探讨. 最后研究了智慧流域在防洪减灾、抗御干旱、防治污染和水资源管理中的具体应用. 智慧流域是水利信息化的发展趋势和最高层次, 必将产生新的学科增长点, 在水利各个领域有着良好的应用前景.

关键词 智慧流域; 物联网; 云计算; 数据同化; 智能

Smart basin and its prospects for application

JIANG Yun-zhong, YE Yun-tao, WANG Hao

(Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract To cope with the complex situation of water resources including severe water shortages, floods, drought, deterioration of ecological environment, caused by the global climate change and human activities, and promote the development of water conservancy informatization to a higher level, an important theme “Smart Basin” is proposed on the foundation of the spread of “Smart Planet” in the world. The paper analyzes the strategic demand and the technical impetus factor of the construction of Smart Basin, elaborates its implication and the connotation, designs its overall frame, introduces the key technologies and the supported platform used by it, such as the Internet of Things (IOT), Radio Frequency Identification (RFID), Wireless Sensor Network (WSN), Cloud Computing (CC) and Cloud Storage (CS), hydro-meteorological provisioning platform based on multi-source coupling, virtual reality platform for river basin, numerical simulation platform for dualistic water cycle, numerical operation for water resources and data assimilation system platform for river basin, et al., and discusses its application in the study on the field of flood control, drought resist, pollution prevention and water resources management. As the development trend and highest level, Smart Basin will generate new growth points of discipline and have a good application prospect in the every field of water resources.

Keywords smart basin; internet of things; cloud computing; data assimilation; intelligent

1 引言

2009 年 1 月 28 日, 在美国总统奥巴马与工商业领袖举行的一次“圆桌会议”上, IBM 首席执行官彭明盛首次提出了“智慧地球”(smart earth)这一概念, 建议政府投资新一代的智慧型基础设施. 这一理念的

收稿日期: 2010-07-07

资助项目: 国家创新研究群体科学基金 (50721006); “十一五”国家科技支撑计划 (2008BAB29B08); 水利部公益性行业科研专项经费项目 (200801005, 200901031, 201001024, 201101026)

作者简介: 蒋云钟 (1969-), 男, 浙江东阳人, 教授级高级工程师, 研究方向: 水资源调度及水资源信息化; 冶运涛 (1983-), 通讯作者, 男, 河南许昌人, 博士, 研究方向: 流域三维仿真模拟及动力学模型, E-mail: yeyuntao@gmail.com; 王浩 (1953-), 北京人, 中国工程院院士, 研究方向: 水文水资源.

要内容是把新一代 IT 技术充分运用到各行各业中, 即把传感器装备到人们生活中的各种物体中, 并且连起来, 形成“物联网 (internet of things, IOT)”, 并通过超级计算机和云计算 (cloud computing, CC) 将“物联网”整合起来, 实现网上数字地球与人类社会和物理系统的整合^[1]。智慧地球是个崭新的概念, 将大大推进信息化和工业化的进程。但是智慧地球建设不是一蹴而就的, 需要分步骤分阶段分行业实施。IBM 商业价值研究中心提出了对电力、医疗、城市、交通、供应链和银行等六大行业的智慧方案^[2-4], 为智慧地球从理念提出到付诸实践奠定了基础。对作为智慧地球重要的组成部分的具有特殊地理特征的流域层次制定智慧化方案催生了“智慧流域”, 为应对全球气候变化和人类活动加剧情景下的流域问题, 实行最严格的水资源管理制度, 推动流域的信息化、现代化、可持续发展提供了全新的流域综合管理战略理念^[5]。

与智慧流域密切相关的是目前的数字流域。数字流域是伴随地理信息系统和虚拟现实技术产生的概念, 强调各种数据与地理坐标联系起来, 以图形或图像的方式来展示。然而仅提供三维、航空和地面多视角等多维位置服务的数字流域已经不能适应大信息量、高精度、可视化和可量测方向发展趋势, 以及不能满足数据生产、加工、服务内容和更新手段提出的自动化、实时性和智能化的更高要求^[1]。智慧流域的提出意味从一种与数字流域不同的视角, 它以物体基础设施和 IT 基础设施的连接为特色, 数字代表信息和信息服务, 智慧代表智能与自动化。数字流域以信息资源的应用为中心; 智慧流域以自动化智能应用为中心, 虽然两者有关联与交集, 但是所强调的内涵不同。智慧流域不但具有数字流域特点, 更强调人类与物理流域相互作用, 实现流域物理世界中人与水、水与水、人与人之间的便利交流, 与数字流域的巧妙结合, 突出其作为新一代流域变革理念的特色和生命力。

2 智慧流域驱动因素

2.1 战略需求

水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源, 是经济社会可持续发展和维系生态平衡、环境优美的基础。伴随全球气候变化和人类活动规模的不断加大, 对自然影响急剧增加, 洪水和干旱频发并重, 径流性水资源衰减, 水生态退化和水环境恶化严重。另外, 水资源具有流域性、循环可再生性、时空分布不均匀性等自然属性, 始终处在降水 - 径流 - 蒸发的自然水文循环之中, 这就要求人类对水资源的利用形成一个水源 - 供水 - 用水 - 排水 - 处理回用的系统循环, 同时也决定了对水的开发利用, 包括防洪、治涝、蓄水、供水、用水、节水、排水、污水处理及中水回用等各个环节要紧密联系, 统一规划, 统一调度、合理配置, 统筹考虑, 实行区域范围内水量与水质、地表水与地下水、城市与农村水资源一体化管理的模式, 将水资源作为一个整体进行综合管理, 而不能分割管理。水资源综合管理迫切需要通过先进的 IT 技术对流域水资源开发利用与保护各环节产生的信息进行实时采集和全程智能监控, 构建流域数学模型对采集数据进行快速处理和分析, 通过“流域物联网”将采集信息和分析结果共享给政府、企事业单位和公众, 同时建立水与水、人与水、人与人之间的联系, 达到整个物理流域无处不在的感知、互联互通、高度数字化、高度信息化、高度智能化的愿景, 从而为真正实现流域与区域相结合的管理制度奠定基础, 并能打破城乡之间、地区之间、部门之间的水管理界限, 为建立起流域与区域、城市和农村、水源和供水、供水和排水、用水和节水、治污和回用一体化的综合管理体制提供支撑。

2.2 技术推动

近年来, 信息技术 (information technology, IT) 取得了突飞猛进的发展, 无线传感、云计算、物联网、闪联、三网合一和虚拟现实等日益成熟, 为智慧流域发展奠定了坚实基础。2010 年, 全球人均拥有 10 亿晶体管, 平均每个成本只有十万分之一美分。该技术已经被嵌入到数十亿的设备中, 如车、器具、道路等。两年内地球生产了 300 亿个射频识别 (radio frequency identification, RFID) 标签。预计未来几年手机用户将会达到 50 亿。传感器已被利用到整个生态系统 - 供应链、医疗保证网络、城市, 甚至河流等自然系统。预计到 2011 年网络用户将达到 20 亿, 高速分组接入 (high speed uplink packet access, HSUPA) 技术将促成“三种屏幕”(电视、电脑和移动手机) 的融合, 并有可能实现不中断的网络连接。数以万计的事物紧密相连 - 汽车、家用电器、相机、道路、管道、甚至医药品和家畜。大规模计算机集群首次具备了用于处理、建模、预测和分析任何工作负载和任务的技术可行性。IBM 的 Roadrunner 超级计算机突破了每秒 1000 万亿次运算速度屏障, 并且致力于实现下一个具有里程碑意义的计算速度, 即每秒钟将进行 1000000 万亿次运算, 比 Roadrunner 快 1000 倍。2010 年 6 月 1 日, 由中国自主研发的曙光“星云”高性能计算机系统于北京国家会议中心正式发

布, 超千万亿次的计算能力再次刷新了中国高性能计算的最高速度, 以全球排名第二的成绩创造了中国高性能计算机最好的全球排名成绩^[6]。利用云计算, 由数千台、数万台甚至更多的服务器组成的庞大集群能够提供无限量的存储空间和计算能力, 满足实时数据存储、管理、处理、分析和可视化要求。

3 智慧流域的涵义和特征

智慧流域是指把新一代 IT 技术充分运用于流域综合管理, 把传感器嵌入和装备到流域各个角落的自然系统如降雨、蒸发、径流、地下水、植被等观测地和人工系统如水源地、输水、供水、用水、排水和各类水利工程等各种物体中, 并通过普遍连接形成“流域物联网”; 而后通过超级计算机和云计算将“流域物联网”整合起来, 以多源耦合的气象水文信息保障平台、二元水循环及伴生过程数值模拟平台、水资源数值调控平台、流域数据同化系统平台、流域虚拟现实系统平台等为支撑, 并将其与数字流域耦合起来, 完成数字流域与物理流域的无缝集成, 使人类能以更加精细和动态的方式对流域进行规划、设计和管理, 从而达到流域的“智慧”状态。其核心是利用一种更智慧的方法通过新一代信息技术来改变政府、企业和人们相互交互的方式, 以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。如今信息基础的架构与高度整合的基础设施的完美结合, 使得政府、企业和市民可以做出更明智的决策^[2]。智慧流域具有与智慧地球共同的特征: 更透彻的感知、更广泛的互联互通、更深入的智能化。

更透彻的感知 是指超越传统传感器、数码相机和 RFID 的更为广泛的一个概念。具体来说, 它是利用任何可以随时随地感知、测量、捕获和传递信息的设备、系统或流程。通过这些新设备, 将天然水循环系统相关的下垫面数字高程模型 (digital elevation model, DEM)、土壤、植被、土地利用类型和降雨、蒸发、下渗、坡面径流、坡面侵蚀产沙产污、河 (沟) 道输水输沙和污染物运移等整个天然水循环过程以及人工循环系统的“水源 - 供水、用水、耗水、排水”等社会水循环过程中的各种水情信息都可以快速获取并进行分析, 便于立即采取应对措施和进行长期规划。

更全面的互联互通 是指通过各种形式的高速高宽带通信网络工具, 将个人设备、组织和政府系统中收集和存储的分散信息及数据连接起来, 进行交互和多方共享。从而更好地对水管理业务状况进行实时监控, 从全局全方位的角度分析并实时解决问题, 使得工作和任务可以通过多方协作得以远程完成, 从而彻底改变流域管理的运作方式, 真正意义上实现流域水资源综合管理。

更深入的智能化 是指深入分析已收集的水情数据, 以获取更加新颖、系统且全面的洞察来解决特定的流域问题。这就要求利用如流域数据挖掘和分析工具、数据同化、流域二元水循环及伴生过程模型、水资源数值调控模型和功能强大的计算机系统来处理复杂的模型运算、数据分析和可视化, 以便整合和分析多种来源的数据和信息, 并将特定的知识应用到特殊情景和方案中以更好地支持决策和行动。

4 智慧流域总体框架

智慧流域是在新一代 IT 技术的支撑下, 将流域应用服务平台作为核心, 以专业应用与决策支持为目标的高度数字化、高度仿真、高度智能化的流域。它使流域运转更加智能化, 涉及个人、各级水行政主管部门、流域管理机构、企业、组织、自然和社会之间的互动, 而且他们之间的任何互动都是提高流域管理水平、效率的机会。智慧流域主要有感知层、基础网络支撑层、基础设施网络层、应用服务平台层、专业应用与决策支持层组成, 如图 1 所示。

感知层 该层是智慧流域的神经末梢, 包括传感器节点、射频标签、手机、个人电脑、掌上电脑 (personal digital assistant, PDA)、监控探头。通过传感器能够实时获取天然水循环所需要的降水、蒸发、地表径流、土壤含水、地下径流、下垫面状况等信息和社会水循环中的水源、取水、输水、用水、耗水、排水等信息; 将其装备到水利设施中还可以将大坝变形参数、堤岸安全系数和管网压力系数等传递给信息中心。射频标签是物体的 ID, 如果传感器节点捕捉的是物体的空间位置和特征参数, 表征了观测对象的动态特性, 那么射频标签就是隐含物体名称, 说明该物体的唯一性和静态特性。监控探头能够实时捕捉流域中各种视频信息, 也就是将物理世界中正在发生的流域事件通过“流域物联网”传递给流域信息中心, 例如, 利用监控探头实时跟踪洪峰过程和污染物扩散过程, 并将当前物理世界的洪水演进情况和污染物动态分布情况等视频画面通过网络发送到调控中心供决策者参考。手机、个人电脑、PDA 成为人类社会交流和沟通的必备工具, 手机使得人人都能参与到流域管理中, 并且扮演着重要角色, 这也意味着未来整个物理流域真正实现“沟通无极限”, 做到

集思广益.

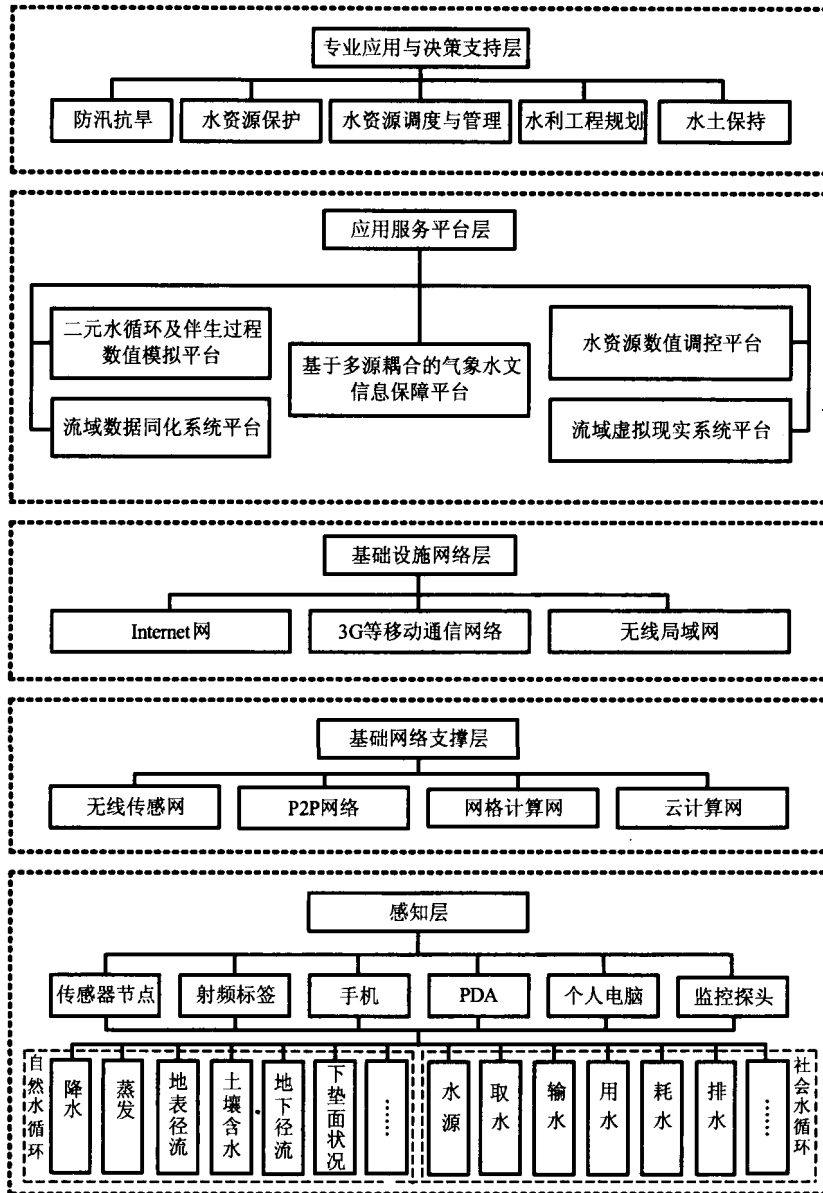


图 1 智慧流域总体框架

基础网络支撑层 该层是融合网络通信技术的保障, 包括无线传感网、点对点 (peer-to-peer, P2P) 网络、网格计算网、云计算网络. 这些网络通信技术为流域的互联互通奠定了基础.

基础设施层 该层主要包括 Internet 网、无线局域网、第三代移动通信技术 (3rd-generation, 3G) 等移动通信网络.

应用服务平台层 该层是综合应用各类面向视频、音频、集群调度、数据采集信息, 构建面向水利专业应用的服务平台, 主要包括基于多源耦合的气象水文信息保障平台、二元水循环及伴生过程数值模拟平台、水资源数值调控平台、流域数据同化系统平台、流域虚拟现实系统平台.

专业应用与决策支持层 该层主要目的是为流域综合治理提供决策支持信息, 开发防汛抗旱、水量调度、水土保持、水资源保护等应用, 为流域治理提供专业决策支持和信息服务.

5 智慧流域关键技术与支撑平台

5.1 射频识别技术

RFID 是一种非接触式的自动识别技术, 它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据, 识别过程无须人工干预. 其工作原理是: 标签进入磁场后, 接收解读器发出的射频信号, 凭借感应电流所获得的能量发

出存储在芯片中的产品信息, 或者发送某一频率的信号, 解读器读取信息并解码后, 送至中央信息系统进行有关数据的处理. 通过对流域中的水工建筑物、水文测站、量测设备等装备射频标签, 将这些无生命的物体“拟人化”, 由这些射频标签能够自动获取水工建筑物的特征数据和水文测站信息, 它和传感器感知的水工建筑物运行数据和水文测站的实时水情信息通过“流域物联网”发送至信息中心的计算机管理系统.

5.2 无线传感器网络

无线传感器网络是集成传感器技术、微机电技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等而形成的一种全新的信息获取和处理技术. 它通过装备和嵌入到流域中的各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种流域环境或监测对象信息, 然后将这些信息以无线方式发送出去, 并以自组多跳的网络方式传送到用户端, 从而实现物理流域、计算流域和人类社会三元世界的连通. 无线传感器网络是智慧流域建设的关键技术, 在流域中应用广泛, 是感知自然水循环和社会循环过程水情信息的重要的神经末梢.

5.3 物联网技术

物联网的概念是 1999 年提出的, 通过射频识别 (RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备, 按照约定的协议把任何物品与互联网联系起来, 进行信息交换和通讯, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络. 物联网具有基于标准和互操作通信协议的自组织能力, 其中物理的和虚拟的“物”具有身份标识、物理属性、虚拟的特性和智能的接口, 并与信息网络无缝整合. 在流域中的具体应用就是将感应器嵌入和装备到水质监测断面、供水系统、输水系统、用水系统、排水系统、大坝、水文测站等各种物体或设施中, 通过互联网连接起来, 形成“流域物联网”.

5.4 云计算与云存储

云计算概念是由 Google 公司提出的, 这是一个美丽的网络应用模式. 它是分布式计算、并行计算和网络计算的发展和虚拟化、效用计算、基础设施即服务、平台即服务、软件即服务等概念混合演进并跃升的结果. 云计算的应用会使任何大尺度和高精度的实时模拟计算成为可能. 通过云计算, 将流域或河流模拟程序拆分成无数个较小的子程序, 通过网络交由分布式计算机所组成的庞大系统搜索、计算分析之后将处理结果回传给用户, 整个计算过程只需要几秒就能完成. 这意味着对局部河段或者流域干流的高精度的三维模拟从理想变成现实. 现有的多数“半分布式”系列模型将向“完全分布式”系列模型转变, 其中对水循环过程的模拟是采用二维或者三维水动力学及其伴生过程模型, 这种实时模拟计算不但有利于科学研究, 而且还能为生产实践提供决策支持. 云存储是在云计算概念基础上延伸和发展的一个新概念, 是以数据存储和管理为核心的云计算系统. 通过云存储技术, 流域中海量的原型观测、实验数据和数学模型计算的历史数据和实时数据以及流域管理的自然、社会、经济等数据的存储将不再受制于硬盘空间.

5.5 流域虚拟现实系统平台

流域虚拟现实技术研究以构建流域三维仿真模拟系统为目标, 融合流域内各种数字信息而建成系统平台, 形成流域及其相关现象的统一数字化体系^[7]. 研究具有海量数据的流域地形地物的自动化建模技术, 实现大范围场景的快速构建, 提高建模效率. 研究海量数据的存储、管理和显示技术, 满足虚拟现实系统的沉浸感和交互性要求. 研究在虚拟仿真系统支撑下, 将全流域水循环及其伴生过程模拟过程及其结果通过复杂实体建模集成于三维流域环境中, 直观地展现水循环、泥沙冲淤及污染物迁移过程的动态变化. 研究精细的坡面产流过程、水蚀过程、生态过程、地下水运动、河道水沙污染物运移转化时空四维可视化, 加强对其发生规律认识. 研究二维 GIS 与虚拟现实系统的集成融合问题, 探索空间数据与属性数据的统一存储方式, 同时考虑时间维的操作. 研究基于虚拟环境的水量调度过程的仿真, 通过数据驱动的动态实体模型状态变化过程表现水量调度过程, 满足不同方案模拟过程及实测过程的动态仿真, 为水量调度方案辅助决策提供了三维可视化技术支撑. 研究基于虚拟环境的流域防洪抗旱预警预报体系建设, 为制定防洪抗旱调度方案提供决策支持.

5.6 基于多源耦合的气象水文信息保障平台

气候形成的基础要素是太阳辐射、大气环流和下垫面. 国家重大工程首先改变下垫面, 影响地球表面的热水交换与平衡. 通过对国家重大工程在规划设计、建设施工、运行管理和评估各个阶段对气象水文信息产品的需求进行分析, 提取共性需求, 分析包括卫星遥感、雷达等多源信息在气象水文以及相关的土地覆被、数字高程等方面的应用, 利用气象、水文专业模型技术, 研发基于多源耦合的气象水文信息保障平台, 包括气象

水文信息的动态监测、多源卫星遥感、复合数字高程、时空四维虚拟格网定位和气象水文模拟及预测预报等关键技术研究。

5.7 二元水循环数值模拟平台

分布式流域二元水循环数学模拟系统是真正实现流域水资源科学管理的关键技术。构建跨流域二元水循环数值模拟模型,对流域水循环陆面全过程进行系统模拟,以揭示“自然-社会”二元驱动下的水资源演化规律,为进行水资源时空演变规律,以及对未来不同调度情景下的演变结果进行预测提供模拟平台。分布式流域二元水循环模拟模型的基本架构涵盖降雨、地表与冠层截留、蒸发蒸腾、入渗、地表径流、壤中径流和地下等天然水循环过程和蓄水、取水、输水、用水、排水的人工侧支循环过程密切关联、相互作用,形成“天然-人工”双驱动力作用下的水资源二元演化模式。因此分布式二元水循环模拟模型先建立“分布式水循环模拟模型”模拟各水循环与能量循环要素过程,建立“集总式水资源调控模拟模型”模拟人工侧支水循环过程中的水资源开发利用问题,然后将两者紧密耦合起来。

5.8 水资源数值调控平台

水资源数值调控平台研究应用二元水循环数值模拟模型,从全流域各个层面支撑流域水资源与水环境综合管理,探索水资源管理的途径,协调水资源、防洪、水土保持等多方面的关系。通过全方位整合各类信息,科学把握水资源与水环境总体状况,提供五大总量控制和地下水位管理的手段,回答多水源联合调度,支撑多用户配水,强化节约用水和污染源控制,协调当地水与外调水,挖掘再生水利用、雨洪安全利用,保障城乡供水安全;提高管理部门对水资源、水环境综合管理的能力和科学化、现代化水平,增加各级水行政主管部门的协调能力和决策能力。

5.9 流域数据同化系统平台

流域数据同化是研究解决不同来源、不同分辨率、直接和间接观测数据与模型模拟结果统一集成问题,指在考虑数据时空分布以及观测场和背景场误差的基础上,在陆面过程模型和分布式水文模型动态运行过程中融合新的观测数据,也就是将来自站点观测、卫星、雷达等各种观测平台的时空不连续的观测数据被同化到基于物理过程和动力学机制模型提供的时空连续的背景状态,从而达到提高模拟预测精度的目的^[8]。流域数据同化系统主要由驱动数据和参数集、陆面过程模型和分布式水文模型、数据同化方法、观测数据和输出数据构成。其中驱动数据是大气数据同化系统获得大气状态数据;参数集包括模型所需的静态参数和动态参数;观测数据包括各种地面观测数据以及卫星、雷达数据;输出数据与具体的模型有关,主要是地表土壤温度、能量通量、径流、蒸散发等数据^[9]。流域数据同化系统流程^[10]:利用大气环流模型与陆面过程模型耦合的大气数据同化系统生成精度较高的大气驱动数据(辐射、气温、降水、水汽压、风速等);利用遥感和地表观测设备计算陆面过程模型所需的陆面参数;驱动数据与陆面参数进入陆面过程模型,生成当前时刻的状态变量;同化当前时刻的地面观测、卫星、雷达资料,估计背景场误差,优化状态变量;陆面同化与大气同化继续向前推进,生成下一时刻的背景场。

6 智慧流域应用

6.1 在防洪减灾中应用

当流域可能发生特大洪水时,根据卫星传感器传送的云层信息,采用区域气候模式预测可能的降雨量,将其作为输入条件,利用云计算和云存储技术读取网络上模型所利用的下垫面条件,启动陆面过程模型和数据同化技术对整个流域的洪水进行实时的计算,将模型计算结果、洪水淹没过程和制定的防洪预案与调度方案以及可撤离路线通过可视化手段展现在三维虚拟场景中,然后通过网络将这些信息以文字、图片、视频图像、语音等多种方式实时发送到流域内居民的手机、电脑、PDA等终端设备中。在洪水突发过程中,采用沿程传感器和射频标签将测站名称和水位信息传递给模型实时滚动修正,同时将监控探头和遥测设备观测的洪水淹没范围传递给决策中心,供决策者参考。此时,洪水的爆发有可能影响大坝和堤防安全,利用射频标签、传感器、监控探头将大坝变形、位移、裂缝信息传递给决策者,决策者根据这些信息判断可能溃堤的位置,并以短信、电视、PDA、手机通知居民做好抢堵溃口的准备。信息及时沟通在很大程度上能够提高防洪减灾的科学性和有效性。

6.2 在抗御干旱中应用

智慧流域能够利用由无线传感器组成的天地一体化系统,对降水、风速、温湿度、蒸发、土壤墒情等资

料进行智能监测和采集, 实时监测地下水位的变化和土壤墒情, 避免以前人工操作布置监测点的时空局限性和数据采集的不连续性, 充分发挥天地一体化优势, 能够全天候 24 小时连续不断地进行信息采集, 实现对干旱发生的前兆、过程、危害程度的全程定量监测; 对干旱造成的各类损失进行评估; 根据天地监测结果和区域气候模式, 对未来的影响范围、持续时间、强度变化等进行预报预警. 同时对干旱区范围内的水库进行实时监测, 计算水库可能的存储水量, 由此制定水库联合调度方案, 以应对干旱所带来的水危机. 干旱是个全局性问题, 不仅仅涉及到政府部门, 也应该发挥群众的智慧. 以前仅靠电视作为宣传终端, 而智慧流域则使用手机、PDA、电脑、传感器、射频标签实现了人与人、人与水、水与水之间的互联互通. 在干旱来临时, 智能系统根据监测数据分析出可能发生灾害结果并将其反馈给决策者和人民群众, 尽量避免或者降低干旱所带来的影响以及减小灾害波及范围.

6.3 在防治污染中应用

智慧流域系统通过遥感传感器和地面观测设施对河流、湖泊、水库、饮用水源地、地下水观测点、近岸海域等流域内的现场水质进行连续自动监测, 客观地记录水质状况, 及时发现水质的变化, 进而实现对水域或下游进行水质污染预报, 达到掌握水质和污染物通量, 防治水污染事故的目的. 水质监测传感器将感知的水质参数传递给环境管理部门进行水质评价, 然后由环境管理部门将评价结果通过多种方式如 EMAIL、短信、网站等方式进行发布; 并装置报警传感器, 在某种污染物浓度超过阈值时, 由水质监测传感器自动与报警传感器和控制供水传感器相连, 通过流域物联网, 启动报警装置并自动关闭供水管网.

若突发污染事件, 智慧流域系统根据污染源处的传感器测得污染物种类和浓度信息, 通过多种用户终端通知水域周围或者下游居民存储一定的水量作备用, 做好应对措施. 污染源传感器经过“流域物联网”智能与供水管网和排水管网建立连接, 并将相关水质信息传递给环境管理部门对水质信息分析, 用相应的水质评价模型和污染物动态模型对水质进行评估和对污染物的运移过程进行预测预报, 以便制定出应急预案. 采用沿程监控探头和沿程污染物浓度测量传感器, 实时跟踪监测水质信息, 并将当前的画面实时传输给管理部门或者当地群众, 发挥大众智慧来解决面临的水质问题.

6.4 在水资源管理中应用

智慧流域在社会水循环中的作用主要体现在对“取水 - 输水 - 供水 - 用水 - 排水 - 回用”等环节为监控对象, 通过对点(水源地、取用水口、入河排污口、地下水监测井等)和线(河流、水功能区等)装备传感器、射频标签, 并借助遥感卫星监测动态监测水情信息, 掌握面(行政区、水资源分区、和地下水分区等)的情况; 通过取用水户的取水和排水数据、行政分区的入境水量和出境水量数据、地下水数据等的互相智能校核, 以及监测信息、统计信息、流域及区域水循环模型等数据信息的互相智能校验, 为实行“总量控制, 定额管理”提供支撑, 实现对水资源的科学调配和精细管理; 在准确把握水资源状况的基础上实现社会水循环过程(取水 - 输水 - 供水 - 用水 - 排水 - 回用水)与自然生态系统中的天然水循环(降雨 - 蒸散发 - 产汇流 - 入渗)的合理匹配, 为实现水资源的优化配置、高效利用和科学保护, 实现社会 - 经济 - 自然的可持续协调发展提供技术支撑.

7 结论

本文借鉴“智慧地球”理念提出了“智慧流域”这一概念. 从流域发展战略需求和 IT 技术推动两个方面阐述了建设智慧流域的必要性和可行性. 研究了智慧流域的涵义和其具有的更透彻的感知、更全面的互联互通、更深入的智能化等三个特征. 设计了智慧流域的总体框架, 由感知层、基础网络支撑层、基础设施网络层、应用服务平台层、专业应用与决策支持层组成. 对其中使用的关键技术, 如射频识别技术、物联网技术、云计算与云存储、无线传感器网络等, 和支撑平台, 如流域虚拟现实系统平台、流域数据同化系统平台、基于多源耦合的气象水文信息保障平台、二元水循环数值模拟平台、水资源数值调控平台等进行研究. 最后展望了智慧流域在流域管理中的应用前景, 如在防洪减灾、抗御干旱、防治污染和水资源管理中的应用.

参考文献

- [1] 李德仁, 龚健雅, 邵振峰. 从数字地球到智慧地球 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2010, 35(2): 127-132.
Li D R, Gong J Y, Shao Z F. From digital earth to smart earth [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2010, 35(2): 127-132.
- [2] IBM 商业价值研究. 智慧地球 [M]. 北京: 东方出版社, 2009.

- The IBM Institute for Business Value. Smart Planet[M]. Beijing: Oriental Press, 2009.
- [3] Palmisano S J. A smarter planet: The next leadership agenda[EB/OL]. <http://www.ibm.com/ibm/ideas-from-ibm/us/smartplanet/20081106/sjp-speech.shtml>.
- [4] Butner K. The smarter supply chain of the future[J]. *Strategy and Leadership*, 2010, 38(1): 22–31.
- [5] 蒋云钟, 冶运涛, 王浩. 基于物联网理念的流域智能调度技术体系刍议 [J]. *水利信息化*, 2010(4): 1–5.
Jiang Y Z, Ye Y T, Wang H. Discussion on intelligent regulation technology architecture for river basin based on Internet of Things[J]. *Water Resources Informatization*, 2010(4): 1–5.
- [6] 章勇. 曙光“星云”超级计算机为物联网发展奠基 [J]. *中国科技财富*, 2010(13): 9.
Zhang Y. Supercomputer nebulae-dawning lays the foundation for the development of the Internet of Things[J]. *Fortune, Science and Technology of China*, 2010(13): 9.
- [7] 冶运涛. 流域水沙过程虚拟仿真研究 [D]. 北京: 清华大学, 2009.
Ye Y T. Virtual simulation of water and sediment process in a river basin [D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.
- [8] 李新, 黄春林. 数据同化——一种集成多源地理空间数据的新思路 [J]. *科技导报*, 2004(12): 13–16.
Li X, Huang C L. Data assimilation: A new means for multi-source geospatial data integration[J]. *Science and Technology Review*, 2004(12): 13–16.
- [9] 黄春林, 李新. 陆面数据同化系统的研究综述 [J]. *遥感技术与应用*, 2004, 19(5): 424–430.
Huang C L, Li X. A review of land data assimilation system[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2004, 19(5): 424–430.
- [10] 李新, 黄春林, 车涛, 等. 中国陆面数据同化系统研究的进展与前瞻 [J]. *自然科学进展*, 2007, 17(2): 163–173.
Li X, Huang C L, Che T, et al. The research progress and perspective of land data assimilation system in China[J]. *Progress in Natural Science*, 2007, 17(2): 163–173.