

doi:10.3799/dqkx.2014.021

新一代的软件结构 T-C-V 结构

吴信才^{1,2}, 徐世武¹, 万波¹, 吴亮¹

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 地理信息系统软件及其应用教育部工程中心, 湖北武汉 430074

摘要: 随着云 GIS 理念的提出及深化, 继局部网软件的 C/S 结构、互联网软件的 B/S 结构之后, 提出新一代适合云计算、云服务的软件结构——T-C-V 结构 (terminal-cloud-virtual), 并从基本概念、总体结构及核心技术等方面对其进行了详细阐述。在该结构中, V 层基于底层的虚拟化软硬件设备, 屏蔽不同计算机、不同网络、不同存储设备的异构特性, 为上层应用提供统一高效的运行环境; C 层是海量地理信息数据、服务和资源管理与服务体系框架; T 层面面向政府、企业、公众等信息使用者, 提供标准访问接口, 搭建各类终端应用。可以说, T-C-V 结构将改变地理信息服务模式、计算模式和商业模式, 可以更好的交互、更加透明化的创建面向大众和企业的应用。

关键词: 云计算; 微内核; 虚拟化; GIS。

中图分类号: P28; TP39

文章编号: 1000-2383(2014)02-0221-06

收稿日期: 2013-10-20

Next Generation Software Architecture T-C-V

Wu Xincan^{1,2}, Xu Shiwu¹, Wan Bo¹, Wu Liang¹

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Engineering Research Center for GIS Software and Application, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

Abstract: With the emergence and deepening of GIS cloud concept, after the client/server structure (C/S) and browser/server structure (B/S), this paper presents a new generation software architecture named T-C-V (terminal-cloud-virtual), which is suitable for cloud computing and cloud service, and elaborates its basic concept, general structure and core technologies. In this structure, V-tier based on the virtualization software and hardware equipment in bottom tier, shielding different structural characteristics among different computers, different networks, different storage devices, provides a unified and efficient operating environment for the upper tier; C-tier is a framework for massive GIS data, service and resource management and service system; T-tier faced to the information users such as the government, business, the public et al., provides standard visiting interface and builds all kinds of terminal applications. In a word, T-C-V structure will change geographic information service model, calculation model and business model, which can create an environment for better interaction and more transparent creation of public and enterprise applications.

Key words: cloud computing; microkernel; virtualization; GIS.

地理信息系统(GIS)从起步至今,随着计算机及其相关领域的进步而变革,已从最初的面向单一业务的单机式 GIS,逐步发展到今天面向跨行业跨地区应用的 GIS。在系统结构方面,先后经历了3个阶段(方裕,2001;方裕等,2001):第一代 GIS 为单机、单用户 GIS,其随着计算机处理能力的提高而诞生;第二代 GIS 充分利用了商用数据库管理系统的

数据管理功能进行数据的管理,采用客户端/服务器(C/S)结构实现系统转向多机、多用户,并逐步出现了空间数据的分布式处理;第三代 GIS 随着面向对象的软件构造技术和广域网、Internet 技术逐渐发展与普及,系统结构开始普遍采用 Web 和“软总线”技术,一方面实现了以浏览、查询为主的应用系统的 B/S 结构,另一方面实现了多级服务器和多用户协

基金项目: 国家“十二·五”科技支撑计划项目“地理空间信息处理分析与服务工具集研发”(Nos.2011BAH06B01,2011BAH06B04)。

作者简介: 吴信才(1952-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为地理信息系统工程与应用。E-mail: xcwu@263.net

同工作方式。

目前,我国 GIS 正处在快速发展的阶段,市场高速扩容,呈现用户多样化、需求规模化、应用涉及面广等特点,使得现有的 GIS 软件架构已经不能很好地满足 GIS 数据及应用的规模化、复杂时空数据分析处理的智能化以及 GIS 服务的大众化等方面的需求。云计算技术是现今 IT 行业的热点,它通过互联网将超大规模的计算与存储资源整合起来,提供弹性、按需应变的计算平台,集成整合观测系统、现象模拟、分析可视化、决策支持以及社会影响和用户反馈等地理空间科学涉及的基本要素,可以升级传统 GIS 应用,为 GIS 软件的架构调整、能力提升提供现实性参考(Chao *et al.*, 2011; Muzafar, 2011)。随着云 GIS 理念的提出及深化, GIS 应用终端向着微型化、移动化方向发展,同时 GIS 服务器端向着基于跨平台的、面向服务的产品体系及架构并支持小型机、大型机、集群等应用的巨型化方向发展(吴信才, 2012)。在这种形势下,新一代的软件结构——T-C-V 结构(Terminal-Cloud-Virtual)应运而生。它是继局部网软件的 C/S 结构,互联网软件的 B/S 结构发展起来的适合云计算、云服务的新一代软件三层结构,将在架构上提升数据存储、组织和管理能力,决策支持能力以及随时随地为用户提供快捷、方便的地理信息服务的能力,从而为全球用户提供更广泛、更智能的地理信息服务。

1 T-C-V 结构基本含义

T-C-V 结构又称为软件的端—云—虚三层结构,分别为:终端应用层(T 层)、云计算层(C 层)、虚拟设备层(V 层)。

终端应用层(T 层)面向政府、企业和大众等云 GIS 服务的消费者。它以各种移动终端设备(例如:智能手机、平板仪、手持设备、家庭控制中心、各类监控设备等)为载体,借助在其上运行的具有行业特色的各类应用系统,获取云端的服务资源,实现特定的业务功能。已经成熟的应用如:巡检通、城管通、警务通、土地宝、采集宝等。

虚拟设备层(V 层)基于虚拟化技术实现共享资源的虚拟化,是支持云计算、云服务的基础,使得用户可以在任意位置、使用各种终端获取服务,就像“我们开启开关电灯就亮,拧开水龙头水就流,但我们不知道用的是哪个电厂发的电,哪家水厂提供的水”一样。目前 V 层是各大计算机设备厂商重点进

军的基地,相关技术已较为成熟,如虚拟存储、虚拟设备、虚拟计算机、虚拟客户管理系统等。

中间层即云计算层(C 层),其内在的软件架构是悬浮式柔性架构,这样云计算的典型特征如飘荡、重构、迁移、聚合等才成为可能。C 层上部署的是 GIS 元素集,是广大用户或开发商提供的云服务总和。一方面,基础平台厂商提供基础功能元素;另一方面,广大用户或应用开发商提供可组成各行各业应用的小至微内核群、大至组件插件的各种粒度的功能元素,这样 C 层才能渐渐形成并不断发展壮大。基于虚拟设备层, C 层的功能服务和 V 层的数据服务、设备服务才能彻底分离,层之间以标准的服务接口连接,使云计算成为可能。目前 C 层处于发展的初期,其规模及技术远未达到可支撑行业云计算服务的需求,是 GIS 平台厂商适应飞速发展的云计算、云服务需要攻克的技术难点。

2 T-C-V 总体结构

T-C-V 结构采用面向服务的多层体系架构,从下到上依次分为虚拟设备层(V 层)、云计算层(C 层)、终端应用层(T 层)。总体结构如图 1 所示。

(1)虚拟设备层(V 层)。利用虚拟化技术,将计算机、存储器、数据库、网络设施等软硬件设备组织起来,虚拟化成一个逻辑资源池,对上层提供虚拟化服务。各类空间和非空间数据,包括卫星影像数据、矢量地图数据、三维模型数据及增值服务数据,以及存储在 MySQL、DB2、Oracle、Sybase 等类型数据库的网络数据源数据,逻辑上组织构成一个数据资源池,并通过使用空间数据库引擎技术(SDE)与中间件技术,实现海量、多源、异构数据的一体化管理。

(2)云计算层(C 层)。云计算层(C 层)在支持超大规模、虚拟化的硬件架构的基础上,提供基于资源丰富、面向服务、分布式架构的功能全面、性能稳定、简便易用的高效共享服务软件平台,建立了海量地理信息数据、服务和资源管理与服务体系框架,按照“即插即用”的思想以及聚合服务的理念建立服务,提供多层次的应用服务及解决方案。具体包括以下几个方面:

GIS 基础内核:基础内核运行于 Windows/Linux/UNIX/AIX 等操作系统上,基于数据仓库与功能仓库发布基础的数据与功能服务,并对服务与服务进程进行管理控制,主要负责与数据服务器的数据通信,客户端调用服务发送数据请求,通过基础

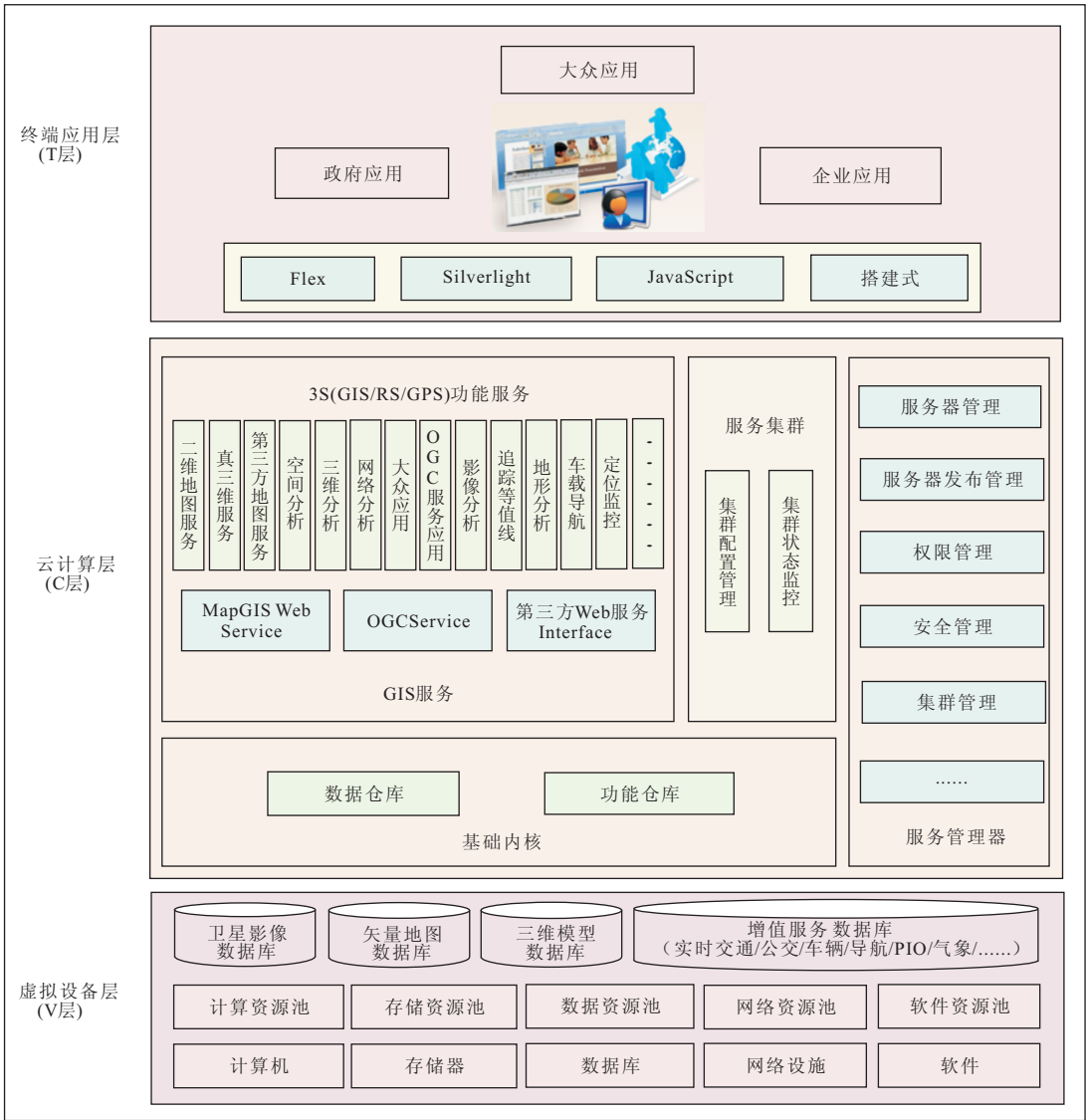


图 1 T-C-V 总体结构

Fig.1 T-C-V overall structure

内核实现与数据服务器层的通信,将数据请求的处理结果返回到客户端缓存.

GIS 功能服务:构建于基础内核之上,提供 .NET与 Java 两大技术体系相应的服务体系,全面支持跨平台运行,其提供的服务体系包括 MapGIS WebService、OGC Web 服务和第三方 Web 服务接口.终端通过浏览器或者其他的方式(桌面应用等)向平台的 Web 服务发送请求,Web 应用服务进行响应并接收请求,返回相应的操作结果.

服务集群:针对各类功能服务建立服务集群,提供集群配置管理、集群状态监控等功能.

服务管理器:管理基础内核与 Web 服务,提供服务器管理、服务管理、集群管理、权限管理与安全管理等功能.

(3)终端应用层(T层).终端应用层主要面向政府、企业及大众,支持多种 Web 浏览器(如 Internet Explorer、Firefox 等),支持各种 Web 应用程序的访问或嵌入到已有 Web 应用程序中,同时支持桌面应用和嵌入式移动设备开发.在终端应用层面上,基于云平台的开发框架,主要支持 Flex、Silverlight、JavaScript 和搭建式开发等开发方式.用户通过客户端与云平台服务层进行交互.

3 T-C-V 结构核心技术

3.1 微内核群技术

微内核技术是将操作系统中最基本、最本质的

功能保留在内核中,用来完成操作系统最基本的核心功能,而把大部分操作系统的成分和功能移到内核之外,并且每一个操作系统功能都以单独的服务器进程方式存在,并提供服务.微内核群技术则是把 GIS 不同应用方向的系统的核心功能分别形成单独的微内核,这些微内核集合在一起形成微内核群.

微内核群技术使得 T-C-V 结构具有以下特性:

(1)基于微内核群的软件,在内核中引入细粒度并发机制,使得任务能够并行执行,从而大大提高效率;(2)在内核中引入多处理机调度和管理机制,使得同一任务可以在多个处理机中执行;内核精巧,可伸缩性好,能适应硬件更新;(3)提供最基础的跨平台数据存储、管理及空间分析、可视化等纯 GIS 功能模块;提供操作系统屏蔽层,使应用程序能够快速迁移到多种主流操作系统下;(4)软件内核中的许多部分被移出内核,采用服务器方式实现,向外界提供服务,并按照“即插即用”的插件思想,以及“常驻内存”的资源池思想建立服务.

3.2 跨平台技术

当前的应用系统主要采用 B/S 结构,GIS 的功能中心转移到服务器端,主要功能在服务器端实现,客户端只是用来展示计算结果.跨平台成为系统结构改变的必然趋势.T-C-V 结构基于微内核技术来构建服务器端产品,根据不同的需要使用不同的接口和文件系统,甚至能使不同操作系统的特性在一个系统中共存.这样,系统将具有高度的灵活性,实现“即插即用”.系统服务或者设备驱动故障与他们的运行任务是隔绝的,这使得 T-C-V 结构的系统具有高度的可靠性、可裁剪性、可扩展性和可移植性.跨平台主要体现在 3 个方面:

跨操作系统:使得平台能够在几大主流系统环境下运行,游刃有余,跨平台的操作改变了国产软件只能在单一操作系统环境下运行的现状.在跨平台数据存储、管理及空间分析、可视化等纯 GIS 功能模块方面,也能快速适应不同操作系统的“特性”,使 GIS 的应用程序快速迁移到多种主流操作系统下.

跨 GIS 平台:数据中心通过中间件链接,可以实现 GIS 平台的跨越,可以存储业内主流的 GIS 数据如 ArcGIS、AutoDesk 等,并具有主流 GIS 平台软件的引擎,实现各种数据间的兼容,有效保护用户的投资.其他平台的数据通过中间件也能够与 MapGIS 平台兼容,避免了数据在转换、导入导出中丢失或由其他错误的发生.

支持多种硬件架构,与硬件架构同步:完全支持

MIPS、ARM、IntelX86、Power、嵌入式 OS (iOS、Android、WinMobile 等)架构.在内核中引入多处理机调度和管理机制,同一任务可在多个处理机中执行,实现了与硬件架构的同步.

3.3 空间信息虚拟化存储技术

虚拟化使得用户无需关心软件的服务方式(如是否同时被他人租用),无需关心计算平台的操作系统以及软件环境等底层资源的物理配置与管理以及无需关心计算中心的地理位置,这 3 个无需关心就对应了软件即服务、平台即服务、基础设施即服务 3 个层面.

虚拟化存储技术是将存储系统进行虚拟化,将存储系统的物理存储体逻辑上组织起来,构成一个逻辑存储体,客户不用关心数据存储在何处,只需要关注存储和获取的数据即可.此外,系统并不存储数据本身,而是通过引用数据的存放位置,对于数据的访问有基于 URL 的访问和基于 GUID 的访问.在虚拟存储环境下,单个存储设备的容量、速度等物理特性都被屏蔽掉了,无论后台的物理存储是什么设备,服务器及其应用系统看到的都是客户非常熟悉的存储设备的逻辑映像,因此,系统管理员不必关心自己的后台存储,只须专注管理存储空间本身.

地理信息数据包括 GIS 数据库中的数据 and 基础地理信息数据.GIS 数据库中包含统一的数据格式(如:MapGIS 的 HDF 文件)的数据以及其他数据库存储的数据(例如 DB2、Oracle 等).基础信息地理数据包括:影像数据、矢量数据、瓦片数据等,它们都是以文件形式存放的空间数据.数据调用都是基于云计算层,这充分发挥了平台管理海量数据能力和并发访问数据能力.对于异构、异质的不同平台的 GIS 数据,利用中间件技术,无需转换原有数据格式,而是通过翻译的动作在数据中心内表现和管理这些异构的 GIS 数据,操作这些数据就像在各 GIS 平台上操作数据一样.

空间信息虚拟化存储技术,使得 T-C-V 结构的软件在体系架构上能够实现软件、硬件、服务的完全融合,最大限度地利用资源;提供服务集群的负载均衡机制,可满足大用户量并发访问、高强度空间计算需求;提供微内核群技术,在内核中引入细粒度并发机制,使得任务能够并行执行,大大提高了效率.同时,采用面向服务的体系架构,坚持数据、功能、管理、服务相分离的原则,既保持了平台的灵活性和扩展性,又实现了空间信息数据的整合、管理和共享;且这种体系架构是松耦合的,提供通用服务的同时,根据客户的不同需求,也提供个性服务,具备高度的

可伸缩性。

3.4 多维时空数据一体化集成管理分析与可视化技术

二维与三维时空数据不论是在建模、数据管理,还是在数据可视化以及数据集成等方面都很难做到很好的统一,导致了二维和三维在相似应用上做重复开发。为此,需要在共享服务环境下从最基础的数据模型、数据管理、数据显示、数据分析到开发集成方面,实现二三维时空信息的一体化集成管理分析与可视化。

在数据模型方面,从要素模型的概念对二维和三维数据模型进行统一表达,不同模型都抽象到一样的空间数据模型,使得二、三维数据能够采用统一的概念进行管理,实现数据建模一体化;在数据管理方面,基于分类的概念将空间数据库以统一的要素类、要素数据集进行管理,无差别地运用图层进行数据组织与管理,实现数据管理一体化;在数据显示方面,将二维显示与三维显示以统一的视图展现,使得建模效果更加突出二、三维的综合显示应用,实现数据显示一体化;在数据分析方面,提升三维分析功能,采用并行计算和自适应模型简化算法结合,实现三维场景中高程数据、影像数据、各种景观模型、地质模型的高效调度与快速反应;在开发集成方面,基于平台的数据仓库服务与功能仓库服务技术,屏蔽二、三维应用差异,集成二维和三维应用功能,实现应用开发一体化。

3.5 系统可搭建技术

系统可搭建技术是在实现地理空间数据与非地理空间数据的集成管理与共享、大量类型异构和来源异构的功能资源的集成管理与共享,并对这些服务资源进行统一管理和调度的基础上,通过服务的动态聚合、数据仓库、功能仓库等技术实现应用系统的快速搭建。原子服务通过管理维护中间件进行发布、注册和审核,最终实现原子服务的聚合,这些聚合后的服务可以存放在功能仓库中,通过逐步的累积,形成用户所需的个性化的业务功能仓库;数据仓库实现空间数据与非空间数据的有效管理与集成,与功能仓库联动,最终构建面向各领域用户的智慧行业解决方案。

3.6 移动共享服务技术

在移动共享服务上,需要支持嵌入式终端栅格与矢量数据的综合管理,提供高性能电子地图显示引擎、空间检索与网络分析等 GIS 应用模块及支撑多种应用开发的接口,可在主流嵌入式软硬件平台

上快速部署 GIS 空间信息服务,主要包括如下技术:

移动 GIS 二、三维海量空间数据一体化管理技术;基于大图幅的地图管理和无缝拼接技术,深入研究导航系统中的各种数据组织与协同调度机制,实现对二维和三维空间数据高效和一体化的存储,动态更新以及矢量数据的编辑等功能,拓展移动 GIS 的数据管理能力。

跨平台的高性能可视化引擎技术;提供各种嵌入式设备接口,实现对矢量地图、遥感影像等各种行业数据的统一显示表达,满足各种行业应用对空间信息和数据可视化的需求。

快速构建移动 GIS 应用系统集成环境技术;规则实例化过程中建立模型逻辑图绑定业务规则,完成模型逻辑图优化并绑定异构空间资源部署调试运行,用户只需简单的应用配置,就能实现移动 GIS 应用系统的快速搭建,并利用插件技术实现核心 GIS 模块中的典型功能。

4 应用实例

MapGIS 共享服务平台 (MapGIS IGSS) 是顺应 GIS 发展的趋势,通过全新的模式整合技术资源,将 GIS 技术与云技术模式融合,完整地全面支撑 T-C-V 三层结构的新一代 GIS 软件产品。其中,面向 C 层的云 GIS 引擎开发平台 MapGIS TCV-C,采用面向服务的悬浮式架构,创建了基于硬件架构、软件平台、应用服务与解决方案的多层次地理信息服务模型,符合云计算的架构,有效地支持广大用户为各行各业提供 C 层的云计算、云服务功能,丰富 C 层内容,强有力地推动 C 层的发展。面向 T 层的终端软件开发平台 MapGIS TCV-T,旨在支持开发商在终端应用层 (T 层) 上方便快捷地开发终端应用系统,是集嵌入式 GIS、移动 GIS 于一体的面向云服务、云计算应用的终端软件开发平台,适用于智能手机、平板仪、手持设备等终端 GIS 功能开发。

目前,MapGIS IGSS 平台已实现其与“国土资源一张图”、“电信企业 GIS 平台”和“数字城市共享服务平台”等 MapGIS 已有的产品与服务的对接。基于 MapGIS IGSS 的跨平台对接,互联网及时的信息集成和共享等特点,该平台将更好地为全行业领域提供高效的服务。同时,基于 MapGIS IGSS 平台,在市政、国土、规划、电信、PGIS 等几十个应用领域近 20 年的各领域数据模型、专业业务模型和专业功能等应用积累进行了整合,形成了各个行业的功能服务仓库,为快

速构建行业应用系统提供完善的解决方案。

5 结论

T-C-V 结构以面向服务为理念,基于底层的虚拟化软硬件设备(V层)实现对所有软硬件资源的池化,屏蔽不同计算机、不同网络、不同存储设备的异构特性,为上层应用提供统一高效的运行环境;在此基础上,结合云计算技术及地理信息的特性,建立海量地理信息数据、服务和资源管理与服务体系框架(C层);最后,面向政府、企业、公众等信息的使用者提供访问的标准接口,搭建各类终端应用(T层)。

T-C-V 结构以松耦合的架构,数据、功能、服务的全共享,服务的聚合、迁移,取代紧耦合的架构,使得数据整合、挖掘更容易,解决服务孤立、难以融合的难题;提供不同粒度的服务代替目前提供不同尺度数据的模式,用超大规模的计算模式代替目前中小规模的计算模式;用极其绿色廉价的共享服务为用户提供地理信息的增值,且可以为面向地理信息服务的运营商提供支撑。可以说,新一代的软件结构 T-C-V 结构将改变地理信息服务模式、计算模式和商业模式,可以更好的交互、更加透明化的创建面向大众和企业的应用。

References

- Chao, W., Yan, G., Michael, G., et al., 2011. Spatial Cloud Computing: How can the Geospatial Sciences Use and Help Shape Cloud Computing. *International Journal of Digital Earth*, 4(3): 305—329.
- Fang, Y., 2001. GIS Software Technology and Research Discussion. Collected Papers of Annual Conference in 2001 for China Association for Geographic Information System, Beijing, 20—26 (in Chinese).
- Fang, Y., Zhou, C. H., Jing, G. F., et al., 2001. Research of 4th Generation GIS Software. *Journal of Image and Graphics*, 6(A): 817—824 (in Chinese with English abstract).
- Muzafar, A. B., 2011. Cloud Computing: A Solution to Geographical Information Systems. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 3(2): 594—600.
- Wu, X. C., 2012. MapGIS IGServer Principle and Methods. Publishing House of Electronics Industry, Beijing, 2—3 (in Chinese).

附中文参考文献

- 方裕, 2001. GIS 软件技术与研究讨论. 中国地理信息系统协会 2001 年年会论文集, 北京, 20—26.
- 方裕, 周成虎, 景贵飞, 等, 2001. 第四代 GIS 软件研究. 中国图象图形学报, 6(A): 817—824.
- 吴信才, 2012. MapGIS IGServer 原理与方法. 北京: 电子工业出版社, 2—3.