

分布式空间数据存储对象

朱 庆¹ 周 艳¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要: 针对地理空间数据的地域性和日益突出的数据量快速增长特性, 提出了分布式空间数据存储对象概念。介绍了基于分布式空间数据存储对象来实现一种高性能、可伸缩、跨平台共享的大规模海量空间数据存储管理机制, 为分布式 GIS 数据存储提供了一种新的思路。

关键词: 空间数据; 分布式存储; 基于对象的存储

中图分类号: P208

地球空间信息技术特别是高分辨率传感器技术的飞速发展使得地理信息系统(GIS)面临日益严峻的数据量爆炸性增长和有效利用问题。空间数据库的存储需求已经从目前的 GB 级和 TB 级达到了 PB 级。海量空间数据已无法沿用传统主机 GIS 模式下的集中存储方式, 空间数据显著的海量性和地域分布特征使其更适合于网络环境下的分布式存储。

直连存储(direct attached storage, DAS)、附网存储(network attached storage, NAS)和存储区域网(storage area network, SAN)是目前主要的网络存储技术。DAS 结构相对比较简单, 但其以服务器为中心的存储方式难以扩展, 无法满足海量空间数据的存储要求。NAS 和 SAN 均以数据为中心, 具有较好的伸缩性。但是, NAS 在服务器端存在明显的瓶颈, 不适合分布式 GIS 多用户频繁请求状态下的密集型大规模数据传输。SAN 采用高速光纤(fiber channel, FC)取代总线, 提供了高带宽, 但其价格昂贵, 异构兼容性差, 因而限制了普遍使用^[1,2]。

现有存储技术的局限和海量空间数据的高性能分布式存储应用对新的空间数据存储架构提出了紧迫的要求。其中, 基于对象的存储(object-based storage, OBS, 以下简称对象存储)技术被认为是构建大规模存储系统的一种良好选择。本文在基于对象的存储架构上提出了分布式空间数据存储对象的概念, 介绍了基于分布式空间数据

存储对象构建大规模分布存储系统的实现机制, 并分析了其特点。

1 分布式空间数据存储对象概念

构建数字城市、数字地球所需要的空间数据总量通常达到 PB 级以上, 并随着信息详细程度的增加而增大。海量空间数据存储不仅要满足容量上的要求, 同时还应满足 GIS 分布式数据服务的要求。

现有存储方法通常只在数据结构上考虑了数据类型的差异, 而没有区分其存储特性和不同的应用需求。同时, 空间数据分布式存储也只考虑了数据的地域性, 人为地将空间数据按地域分布进行分级、分区存储, 而没有考虑网络和计算机资源的特性以及 GIS 分布式服务的要求, 因此无法动态地主动适应不同的应用需求^[3]。然而, 对于许多不间断观测数据, 如卫星遥感数据和监视视频数据, 存储系统必须具备在线主动分布的能力, 即如何充分利用存储资源的能力, 而不是完全依靠人为的预先计划。因此, 如何把空间数据存储的“被动服务、人为分布”转变为具有自组织、自适应能力的“主动服务、自主分布”的空间数据存储体系成为解决日益严峻的数据量爆炸性增长和有效利用问题的关键。

目前, 对象存储成为高性能存储系统的研究热点^[4-8]。

对象存储的关键是以对象(而非数据块或文件)作为数据存储的基本单位,存储在基于对象的存储设备(object-based storage device, OSD)上。OSD 负责管理对象全部内部空间,能够利用对象的属性信息有效地组织数据和预见需求。通过对象接口将传统主机系统中关于访问磁盘驱动器的部分程序下移到存储设备中,其数据和控制分流,数据不经过服务器转发,直接在客户机和存储设备之间传送^[9]。对象存储中,数据独立存储在 OSD 上,不依附于服务器,解决了 DAS 以服务器为中心难以扩展的缺点;其数据和命令分流,直接进行第三方传送,消除了 NAS 的服务器瓶颈;它通过对象层次的抽象将与设备相关的特性从设备中分离出来,有效解决 SAN 面临的异构环境问题。因而,对象存储较之 DAS、NAS 和 SAN 更适合海量空间数据的存储管理。

地理空间本身具有时空分布上的连续性,传统的存储方式在空间数据存储时人为分割了地理对象在空间上的连续性,以固定大小数据块组织和存储复杂的空间实体,存储上的单一性降低了空间数据使用和管理的灵活性,不利于实现空间数据面向对象的组织和处理。基于对象存储的思想,摆脱传统的图层、图幅、固定数据块的存储观念,将海量空间数据组织存储为具有分布式结构的对象集合,更有利于面向对象的空间数据管理、深层次空间数据挖掘和应用的需要。因此,将海量空间数据根据自身特点、应用和存储需求分解为一系列分布式空间数据存储对象进行基于对象的空间数据存储和管理是非常必要的。所谓分布式空间数据存储对象可以定义为一组分布在一个或多个 OSD 上的由空间数据、存储属性和操作组成的空间数据存储对象。存储属性用来定义不同空间数据的存储特点,如数据布局、安全信息和使用状况统计信息等,从而能根据存储属性指明对空间数据的操作处理。

分布式空间数据存储对象以独立“对象”的形式提供服务,可以包含任何类型的数据,如文件、数据库记录、图像以及多媒体视频、音频等^[10]。空间数据存储对象种类不同,其存储属性和操作也不同。如多媒体数据存储对象的 QoS 属性描述该对象的网络延迟要求,DEM 或 DOM 对象的属性描述对象的数据布局,文件对象的属性描述文件的访问权限等。

空间数据存储对象的内容由空间数据自身特点和应用要求决定。例如,根据不同的应用要求,可以将空间数据封装为 DEM 存储对象,DOM 存

储对象,DLG 存储对象,图片、文件对象,多媒体流数据存储对象等;也可以根据数据访问频率分为在线存储对象、近线存储对象、离线存储对象;或者根据其数据使用特点分为大型流数据存储对象(如视频与音频流媒体数据)、中型存储对象(如遥感图像数据、图片数据等)、小型存储对象(如一般矢量 GIS 数据、文本属性和 DEM 数据等)。与基于固定块大小访问的数据块存储不同,用户定义的每个空间数据存储对象都可以动态地扩大和缩小,OSD 负责管理所有存储空间。不同的对象划分服务于不同的用户需求,利用不同类型的分布式空间数据存储对象可以构成有层次的分布式存储系统。

2 海量空间数据分布式存储机制

在以分布式空间数据存储对象为基础构建的分布式空间数据存储系统中(见图 1),海量空间数据根据自身特点、应用需求和存储特性分解成一系列用户定义的空间数据存储对象,分布存储在 OSD 上。OSD 中安装了处理器、内存和网络接口,是构成分布式存储结构的核心,它具备本地处理功能,用于数据和属性缓存的本地内存和本地的网络连接^[11]。一个空间数据存储对象可以分布存储在多个 OSD 上,多个空间数据存储对象也可以存储在一个 OSD 上。OSD 包含由设备所管理的元数据信息,可以自主管理存储在其上的空间数据存储对象及其元数据,如数据块、对象长度等。OSD 担负了传统存储系统中由服务器维护的大部分元数据管理工作,有效地消除服务器瓶颈^[12]。

GIS 服务器负责分布式空间数据存储对象的逻辑组织与管理,为客户端提供 OSD 中所存储的空间数据的逻辑视图,并根据客户端需求组织管理分布式空间数据存储对象的物理存储。GIS 服务器的另一个作用是管理用户授权,OSD 根据授权信息提供安全验证,通过验证后,空间数据不经过服务器转发,直接在客户端和存储设备间进行第三方通讯。

基于分布式空间数据存储对象的海量空间数据存储具有以下优点。

1) 高性能。在基于分布式空间数据存储对象的空间数据存储中,数据直接在客户端和存储设备间传递,服务器被旁路,服务器端的 I/O 瓶颈得以消除,有效避免额外延迟和阻塞。当存储系统需要扩展时,对象存储技术提供的均衡模型能够保证网络带宽和处理能力的同步增长,因而

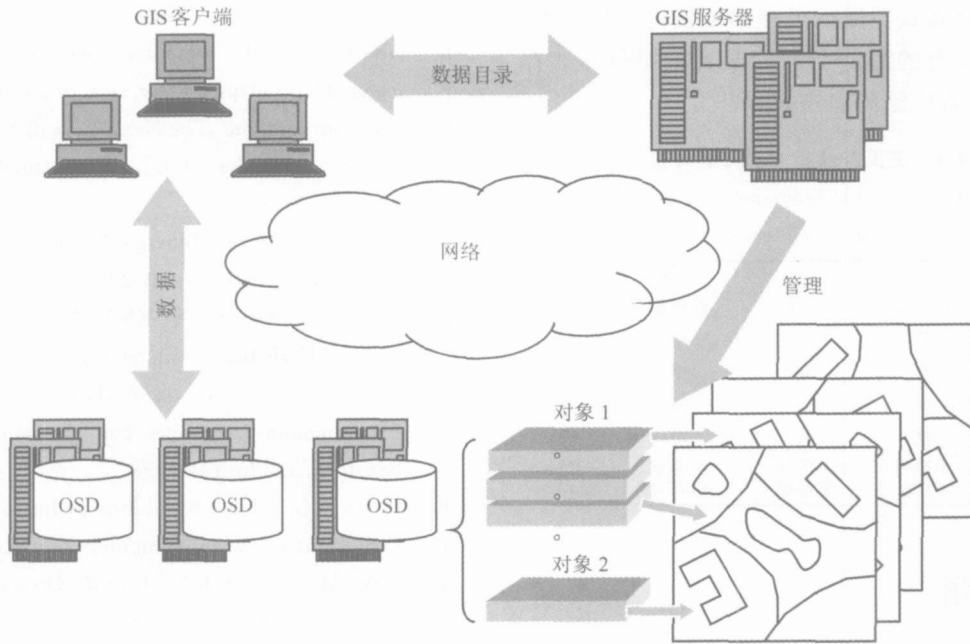


图 1 基于分布式空间数据存储对象的空间数据管理

Fig. 1 Spatial Data Storage Based on Distributed Spatial Data Storage Objects

具有更快的响应速度和更高的带宽,能够适应网络 GIS 环境下的多用户并发请求和大规模数据传输的高性能要求。

2) 异构共享、透明访问。海量空间数据的分布式存储不可避免地要面对多重异构的存储环境,实现空间数据存储资源共享首先必须解决不同存储系统和操作平台的异构矛盾。分布式空间数据存储对象将与设备相关的特性(如块分配)从设备层中分离出来,将存储系统的逻辑结构与物理存储的映射关系隐藏到对象层,很容易实现跨异构平台的数据存储。从用户的角度而言,使用空间数据存储对象并没有什么不同,用户无需关心数据如何存储,只需通过简单的对象接口方便地实现对数据的透明访问。

3) 灵活高效的安全机制。分布式 GIS 多用户协同工作模式中经常涉及对同一空间数据实体的操作,部分空间数据操作具有长事务处理特点,为此必须保证空间数据的一致性和安全性。分布式空间数据存储对象作为数据管理的基本单元,通过认证和加密等手段可以对一组对象、单个对象、对象内的部分数据赋予不同的安全属性及访问规则。相对于传统的基于文件或块的数据管理,分布式空间数据存储对象具有更高的数据独立性和安全性。因此,更利于建立网络 GIS 环境下多用户访问的灵活的安全机制。

4) 无限扩展、快捷廉价。对于众多小型的 GIS 数据生产和使用部门,大规模存储设备价格

昂贵而实用性不大。分布式空间数据存储对象能够独立地存储数据和提供存储服务,具有很强的扩展能力,将存储在 OSD 上的分布式空间数据存储对象直接连接到网络上,可以构造基于网络的超级存储系统,因此,无论对于大中型还是小型的数据存储用户,它都将以全新的方式为众多的网络 GIS 用户提供一种快捷而廉价的数据共享和存储方法。

5) 主动服务、自主分布。基于分布式空间数据存储对象的空间数据存储从根本上改变了传统“被动服务、人为分布”的存储模式。它充分考虑了数据的存储特性和应用需求,选择相应的最合适的存储对象。利用分布式空间数据存储对象的丰富属性实现 OSD 间的数据动态分配和负载均衡;根据空间数据布局和使用信息有效组织数据和预见需求,实现 OSD 间的数据自主迁移和基于策略的存储管理^[13]。

基于分布式空间数据存储对象的海量空间数据存储利用对象层次的抽象有效融合了现有存储技术的特点,扬长避短,既有 NAS 的优点,能够实现跨平台的数据共享,又克服了 NAS 的服务器瓶颈;既保留了 SAN 的优点,可以直接访问数据,具有高数据传输率和高扩展性,又提供了远比 SAN 更为快捷廉价的存储方式;同时还具备了 DAS 和 SAN 的高性能特点。以分布式空间数据存储对象作为基本存储单元的对象存储架构(OBS)在扩展性、安全性、存储性能、异构环境共

享能力等方面都具有更出色的表现^[14] (见表1)。因此,基于分布式空间数据存储对象构建高性能、可伸缩、跨平台的海量空间数据大规模分布式存储系统将有着广泛的应用前景。

表1 主要存储技术的性能评价

Tab. 1 Performance Assessment of Four Main

Storage Architectures

	DAS	NAS	SAN	OBS
基本单元	数据块	文件	数据块	对象
扩展性	低	中	中	高
安全性	高	低	中	高
存储性能	高	低	高	高
异构环境共享	低	高	中	高
适用范围	小规模存储	中等规模存储	中等规模存储	大规模存储

3 结 语

分布式空间数据存储对象以其主动服务、透明访问、灵活高效等特点为海量空间数据存储、管理和服务提供了全新思路。以分布式空间数据存储对象为基本单元存储、管理空间数据的尝试刚刚起步。如何根据空间数据的应用需求合理划分不同类型的空间数据存储对象,如何确定空间数据存储对象的划分粒度、大小,如何利用不同的分布式空间数据存储对象构成有层次的分布式存储系统等问题,都值得继续深入研究。

参 考 文 献

[1] 王德军,王丽娜. 企业数据的存储技术综述[J]. 计算机应用研究, 2004(8): 7-9
 [2] 张江陵,冯丹. 海量信息存储[M]. 北京: 科学出版社, 2002
 [3] 王晏民. 多比例尺 GIS 矢量空间数据组织研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2002
 [4] Technical Committee T10 of Incites. Object-Based

Storage Device Commands-2 (OSD-2) [OL]. <http://www.t10.org>, 2004
 [5] SNIA. Object-Based Storage Devices (OSD) Workgroup [OL]. <http://www.snia.org/osd>, 2005
 [6] Intel Corporation. The Next Wave of Storage Technology and Devices [OL]. <http://turtle.ee.ncku.edu.tw>, 2005
 [7] Panasas F. Object Storage Architecture [OL]. <http://www.panasas.com>, 2005
 [8] Garth A G, David F N, Khalil A, et al. A Cost-Effective, High-Bandwidth Storage Architecture [C]. The 8th Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, San Jose, California, 1998
 [9] Garth A G. Object-based Storage for Linux Clusters [OL]. <http://www.computerworld.com>, 2005
 [10] Mike M, Gregory R G, Erik R. Object-Based Storage [J]. IEEE Communications Magazine, 2003, 41(8): 84-90
 [11] Garth A G, Panasas F. Optimizing Performance: Object Storage for Seismic Applications [OL]. http://www.a2d.com/attachment/Leading_Edge_Byline.pdf, 2004
 [12] Drew R. Object-based NAS Architectures Eliminate Disk Bottlenecks [OL]. <http://www.enterprisestorageforum.com/sans/features/article.php/3482481>, 2005
 [13] Alain A, Vladimir D, Michael F, et al. Towards an Object Store [C]. The 20th IEEE/11th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies, San Diego, California, 2003
 [14] Thomas M R. OSD: A Tutorial on Object Storage Devices [OL]. <http://turtle.ee.ncku.edu.tw>, 2005

第一作者简介: 朱庆, 教授, 博士生导师, 现主要从事数字摄影测量、虚拟地理环境和数码城市 GIS 的研发与教学工作。
 E-mail: zhuq66@263.net

Distributed Spatial Data Storage Object

ZH U Qing¹ ZH O U Yan¹

(1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: Aiming at the massive data volume, the territorial characteristics and distributed applications of geographical spatial data, several existing storage technologies are reviewed at

(下转第 422 页)

Classification of River Networks Structure Based on Spatial Statistical Character

DU Qingyun^{1,2} YANG Pinfu^{1,2} TAN Renchun^{1,2}

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: River features in spatial database are normally organized with directed graph, which lose the semantics of rivers and their regional character. This paper proposes a method to classify the river networks in spatial database, based on some factors of river characters. Firstly, the style of river networks and its character are described. Then, some factors to classify the river networks are presented, followed with a classification method and its process for river networks. After that, the data organization based on directed graph is discussed, also with an experiment of the classification. At last, a conclusion is drawn and the future work is planned.

Key words: river networks structure; spatial statistics; classification

About the first author: DU Qingyun, professor, Ph. D supervisor. His scientific interests are spatial language, spatial data mining, GIS engineering and its application

E mail: qydu@telecarto.com

(上接第 394 页)

first. Then, the concept of distributed spatial data storage object is introduced, and the storage mechanism of scalable massive spatial data storage based on distributed spatial data storage objects is proposed. Finally, the advantages of active storage, high performance, and transparent access etc. are discussed. This paper provides a new way for efficient distributed GIS spatial data storage and management.

Key words: spatial data; distributed storage; object-based storage

About the first author: ZHU Qing, professor, Ph. D supervisor. His research interests are in the theoretical and technical of digital photogrammetry, virtual geographic environments and cybercity GIS.

E mail: zhuq66@263.net