

基于虚拟 SAN 的网格 GIS 数据存储技术研究

高劲松^{1,2} 张 文¹ 关泽群¹ 邓世军¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 华中师范大学信息管理系, 武汉市桂子山, 430079)

摘 要: 针对空间数据存储的特点, 结合网格和虚拟 SAN 技术的优势, 提出了基于虚拟 SAN 的网格 GIS 数据存储解决方案, 旨在解决网格 GIS 环境下的数据存储问题。

关键词: 网格 GIS; 虚拟 SAN; 空间数据; 存储技术

中图法分类号: P208

近几年来, GIS 工作者一直致力于解决海量 GIS 数据存储、管理和更新方面的问题^[1, 2], 网格的适时出现, 为 GIS 提供了一条解决问题的新思路。网格与 GIS 结合产生的网格 GIS 技术对网络上各种资源的强大整合能力将使 GIS 突破计算能力和存储能力的束缚, 为用户提供远程、动态、透明、无缝的服务。

1 虚拟 SAN 与空间数据存储

从 20 世纪 90 年代开始, 随着 Internet 的发展, 空间数据存储领域出现了基于网络的数据存储技术。网络数据存储主要指在 Internet 环境下基于 B/S 的 Web 系统中空间数据存储和访问技术。这些技术的出现改善了空间数据的存储环境和管理效率, 但并不能真正解决存储设备利用率低、扩展困难以及服务器负载过重等问题。存储区域网络^[3-5] (storage area network, SAN) 通常是一个使用光纤通道连接的高速专用存储子网, 由磁盘阵列、磁带库、光盘库和光纤交换机等设备组成。SAN 提供对共享数据基于数据块的访问能力, 通常使用交换式架构, 服务器与存储设备之间通过小型计算机系统接口指令而不是 TCP/IP 指令进行通信。SAN 提供了很高的可靠性和强大的连续业务处理能力^[2]。SAN 存储设备之间通过专用通道进行通信, 不会占用服务器的资源, 因此, 非常适合超大容量空间数据的存储。

采用虚拟化技术可以对 SAN 内部的存储设备创建一个虚拟的存储池, 使池中所有设备看起来都是同质的^[6]。系统管理员不必关心后端存储, 存储管理变得较为简单, 且数据具有更灵活的分配空间, 存储设备利用率也更高。虚拟化技术甚至可以使异构的 SAN 统一起来, 采用统一的界面和管理模式对其加以管理。

在现有条件下, 空间数据的存储面临着诸多困难: ① 数据生产单位使用了大量异质的存储系统和设备, 数据转换过程复杂, 难以进行统一管理; ② 主要利用局域网传输数据, 过于依赖服务器, 传输效率低且安全性不高; ③ 存储设备的组织不尽合理, 难以进行扩展; ④ 数据备份过程复杂, 自动化程度低。

虚拟 SAN 为空间数据存储问题的解决提供了有力的技术支持。虚拟 SAN 通过专用的通道将异构的存储设备连接起来, 存储设备之间能够直接进行通信, 可以有效地对数据进行集中存储和管理。由于建立在高速的存储网络基础之上, 虚拟 SAN 的数据响应时间短, 且具有高扩展性, 在对存储设备进行扩容时, 不会改变存储网络原有的结构和各个设备的访问速度。存储设备和服务器的分离使服务器从网络拥塞中解脱出来, 能够为用户提供更高效的信息服务。同时, 虚拟 SAN 使多套磁带库和磁带机可以为不同服务器所共享, 减少了用户备份磁带库/磁带机的投资。共享备份磁带库/磁带机的机制使数据备份的可

靠性和安全性得以增强,并能极大地优化自动磁带库的应用,其大容量、高速度和高智能的特点得以充分发挥。

2 网格 GIS 数据存储技术

网格 GIS 中的数据存储具有简化的存储管理、异构系统的无缝连接、高效的访问机制等特点。

2.1 基于虚拟 SAN 的网格 GIS 数据存储系统

网格 GIS 的数据存储系统由分布在不同地理位置的存储子系统组成,它们将由各个地区的数据中心或其他空间数据集中的数据生产单位负责管理支持。目前,各个地区的数据中心是空间数据最为集中的地方,用户访问需求最多,空间数据存储管理任务也最为繁重,最需要建立高效的存储管理机制。这些数据中心可以根据各自的实际情况,充分利用现有的存储设备和服务器组建基于虚拟 SAN 的空间数据存储子系统。子系统中存储着海量的空间数据,通过网格与其他子系统紧密相连,共同构成网格 GIS 上一个强大的存储系统。

网格 GIS 的优越性在于,它不要求子系统的建设同步完成,各个数据中心有充分的时间结合实际来设计、建设本地的空间数据存储子系统。各个子系统是网格 GIS 中的分散节点,节点与网格之间松散耦合,节点加入或脱离网格 GIS 都不会影响其他子系统的正常工作。而位于网格中的存储子系统之间又能够协同工作,共同为用户提供高质量的空间数据服务。网格 GIS 灵活的伸缩性使空间数据共享的范围不断扩大,以满足更多用户的需求。当网格 GIS 中的应用要求对本地数据块或文件进行访问时,存储子系统的服务器可以为应用动态地查找和分配最佳点。如果应用需要更多的计算资源和空间数据,存储系统将会通过网格 GIS 有效而透明地将其他资源连接起来。

基于虚拟 SAN 的网格 GIS 数据存储系统的组成如图 1 所示。图中 SAN-1、SAN-2、…、SAN- $n-1$ (n 是任意自然数) 是 GIS 中实际存在的节点,它们作为网格 GIS 存储系统的各个子系统,通过网格中间件相互连接,彼此能够通信并协同工作。基于某些原因,有些数据中心只能在数据资源不足的情况下才能加入网格 GIS,并与其他子系统对话。SAN- n 就是即将加入或脱离网格 GIS 的节点,这些节点分布于不同的地理位置,在网格 GIS 的统一调度下为各级用户提供空间数

据服务。网格 GIS 具有弹性的扩展功能,让子节点的增加或减少不会影响到其余节点的正常工作和通信。显然,对于相互之间地理跨度非常大且任务繁重的存储子系统来说,网格 GIS 的这种整体构成是非常理想的。

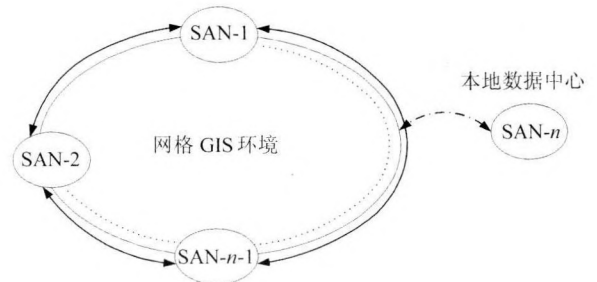


图 1 基于虚拟 SAN 的网格 GIS 数据存储系统的组成
Fig. 1 Constitution of Grid GIS Storage System

2.2 存储子系统——虚拟 SAN 的组建

存储子系统——虚拟 SAN 的组建是网格 GIS 数据存储系统建设的关键。在网格 GIS 中,可采用带外结构的虚拟 SAN,让存储设备通过专用通道与用户通信,使数据传送不占用服务器资源。对于承担着空间数据存储和管理任务的虚拟 SAN 来说,如果采用单一的服务器机制,很可能导致性能瓶颈和单点故障等问题,严重影响系统的正常运行。因此,可采用多服务器技术来共同分担存储管理任务。

在可能的情况下,应尽量采用光纤通道的交换式架构来组建用于空间数据存储的虚拟 SAN。尽管光纤通道成本昂贵,但它所提供的带宽是以太网所无法比拟的,这可以保证数据服务器与存储设备以及存储子系统之间的高速通信。同时,使用光纤通道的终端系统具备高度稳定性等卓越性能。交换式架构具有良好的扩展能力,在增加新设备的同时,不会影响到原有设备的正常工作,能够满足 GIS 数据量迅速增长的需要。

位于虚拟 SAN 中的存储设备要与网格用户通信,必须使用 IP 协议存储网络技术。IP 存储网络技术主要是指基于 IP 的光纤通道 (fibre channel over IP, FCIP) 或者 Internet 上的光纤通道协议 (internet fibre channel protocol, iFCP) 和基于 IP 的 SCSI (internet SCSI, iSCSI)。FCIP 通过使用光纤通道穿透技术,支持在基于标准 IP 的网络使用光纤通道进行通信。iFCP 是在光纤通道上传输 iSCSI 命令的。iSCSI 协议将存储和 IP 网络结合在一起,它能够使用传统的以太网设备和 IP 协议来传递和管理储存在 SCSI SAN 中的数据^[2],特别适用于存储整合,具有简单性、灵活

性和高性价比,是一个简单、高速、经济并且支持长距离的解决方案。在网格GIS中,选用iSCSI技术来连接虚拟SAN是适合的。

3 网格GIS数据存储系统的实现

3.1 实验环境

为了验证方案的可行性,本文构建了基于虚拟SAN的GIS数据存储实验系统。本系统是由C#.net语言开发,以空间数据存储管理为重点、B/S模式的实验程序(GridGIS)。利用该应用程序所搭建的GIS平台初步实现了网格GIS的部分特点和功能。

本实验采用一台Unix系统的工作站作为网格GIS服务器节点,由一台Windows NT系统的工作站充当网格GIS的存储管理服务器,另有若干台PC机作为网格GIS客户端。后台的存储系统主要由两台文件服务器和两台SCSI磁盘阵列以及FC磁盘阵列和磁带库各一台所组成。所有设备通过一台FC交换机彼此连接,形成一个异构的SAN环境。FC交换机上还接入了一台用于虚拟化存储的SVM服务器,利用它可实现整个SAN的虚拟化。NT工作站直接与SVM服务器连接,作为基于虚拟SAN的网格GIS存储系统的存储管理和数据服务节点。

网格GIS服务器采用组件模块的形式集成了基于OpenLDAP和SOAP的元数据服务以及空间数据分析和处理等基本功能模块。存储管理服务器作为资源管理节点,集成了Globus的GRAM和功能强大的空间元数据管理模块,其所管理的数据会自动在网格GIS服务器中注册,并随着存储数据的变化而适时更新。当启动GridGIS后,系统将激活并调用存储管理软件,而通过虚拟SAN的存储管理界面可以监视和管理整个虚拟SAN的运行状况。实验的客户端则安装了相对简单的客户端组件和网格GIS浏览器,网格GIS服务器端的元数据服务通过激活客户端的注册程序,使节点主动向元数据服务注册本机相关信息,服务器则根据用户注册信息向不同级别的访问用户授以不同的访问权限。在存储系统的数据安全性方面,可通过存储管理服务器实现对存储池的动态分区和锁机制。这样,对于不具备访问权限的访问用户,数据将被存储管理服务器锁定,访问将被禁止。为了实现从客户端对存储系统进行透明的数据操作,各应用服务器和客户端均安装了SVM的客户端虚拟化软件,整个系统

的结构如图2所示。

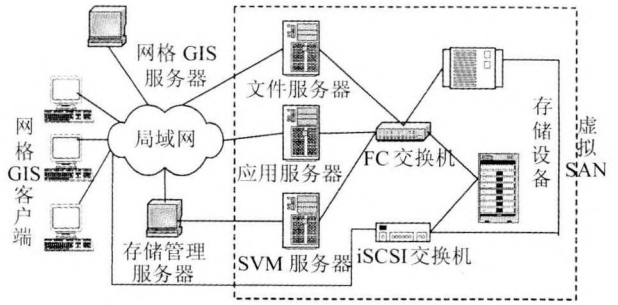


图2 网格GIS数据存储实验系统结构图

Fig. 2 Architecture of Grid GIS Data Storage System

3.2 系统实现与分析

授权的客户端可以通过GridGIS的用户界面向虚拟SAN读写矢量数据。多个客户端同时通过GridGIS发出不同的数据请求(即并发存取请求)时,利用存储管理服务器可以监控到多个用户并发访问时虚拟SAN的数据流量和响应速度。对于需要应用服务器进行相应处理的数据请求,由数据管理人员通过管理界面快速交给应用服务器处理,然后直接返回客户端。图3是通过客户端读取的一幅矢量地图数据,授权用户可以对地图数据进行缩放、漫游及编辑等操作,并能快速实现更新后的数据回写入存储系统中。

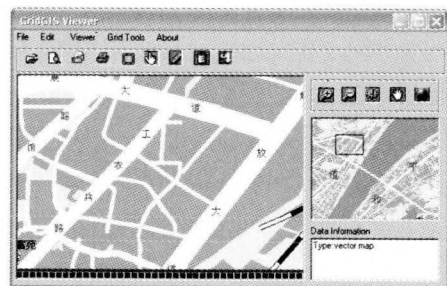


图3 通过GridGIS客户端存取矢量地图数据
Fig. 3 Accessing Vector Map Data by Grid GIS

与传统方法相比,基于虚拟SAN的网格GIS实验系统在用户交互速度、数据存储和传输速度上有明显的提高。同时,由于存储系统采用带外虚拟存储结构,存储设备间采用专用的数据通道,减少了网络延迟,数据的响应速度和传输带宽有明显改善。实验系统实现了通过GridGIS对存储网络进行统一管理以及存储设备之间的负载均衡。因此,尽管实验中的网格GIS服务器功能还有限,系统支持用户并发访问数据的能力仍大有改观。

参 考 文 献

- 1 王继周, 李成名, 付俊娥. 面向分布式异构数据库的 WebGIS 连接池服务研究. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 18~21
- 2 White Paper. SAN over 10G IP. http://www.siemon.com/au/white_papers/03-08-26-san.asp, 2004
- 3 Simonyi M. Storage Area Networks and Data Management. Auerbach: Press LLC, 2002
- 4 Storage Networking 101. <http://storage.ittoolbox.com/documents/document.asp?i=165910>, 2004
- 5 Duncan T S, Sichler M S. Air Force Research Laboratory. High Bandwidth Scientific Data Management

- Using Storage Area Networking: Lessons Learned at the Starfire Optical Range. 20th IEEE/11th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies (MSS03), San Diego, California, 2003
- 6 Ferreira L, Dirker J, Hernandez O, et al. The Information Grid. (Blueprints and Layers). http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/grid/gr-info2/index_eng.shtml, 2004

第一作者简介:高劲松, 副教授, 博士生。现主要从事 GIS、网格计算及遥感应用技术研究。

E-mail: jsgao@public.wh.hb.cn

Virtual SAN-based Data Storage Method in Grid GIS

GAO Jinsong^{1, 2} ZHANG Wen¹ GUAN Zequn¹ DENG Shijun¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Department of Information Management, Central China Normal University, Guizi Hill, Wuhan 430079, China)

Abstract: The objective of this paper is to discuss the efficiency storage of mass spatial data in grid GIS environments. This paper introduces a grid GIS data storage solution based on the integration of the advantages of grid and virtual SAN techniques. This solution is a milestone for the presence and future of GIS, aiming at seamless and high efficiency storage management and data service. Then this paper discusses the structure of experimental platform, the realization of the data service, and the advantage of this method.

Key words: grid GIS; virtual SAN; spatial data; data storage

About the first author: GAO Jinsong, associate professor, Ph.D candidate, majors in GIS, grid computing and remote sensing.

E-mail: jsgao@public.wh.hb.cn

(责任编辑: 晓晨)

欢迎订阅 2005 年《武汉大学学报·信息科学版》

《武汉大学学报·信息科学版》即原《武汉测绘科技大学学报》,是以测绘为主的专业学术期刊。其办刊宗旨是:立足测绘科学前沿,面向国际测量界,通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果,展示中国测绘研究的最高水平,引导测绘学术研究的方向。本刊为中国中文核心期刊, Ei 刊源期刊。为国家优秀科技期刊,并获中国国家期刊奖,入选中国期刊方阵。

本刊主要栏目有院士论坛、学术论文、科技新闻等,内容涉及摄影测量与遥感、大地测量与物理大地测量、工程测量、地图学、图形图像学、地球动力学、地理信息系统、全球定位系统等。收录本刊论文的著名国际检索机构包括 Ei、CAS、P 等,其中 Ei 收录率达 80%,其影响因子长期名列中国高校学报前列。本刊读者对象为测绘及相关专业的科研人员、教师、研究生等。

本刊为月刊,国内外公开发行,邮发代号 38-317,国外代号:MO1555。A4 开本,96 面,定价 8 元/册,每月 5 日出版。漏订的读者可以与编辑部联系补订。