

一种地震资料解释系统^①

金 弟, 庄锡进, 王启迪, 曹晓初, 王宗仁

(中国石油杭州地质研究院 计算机应用研究所, 杭州 310023)

摘 要: 地震资料解释系统是石油勘探研究的重要工具. 通过分析解释业务需求与解释技术发展趋势, 针对常规地震资料解释系统的缺陷, 提出与实现了一种基于分布集中融合协同工作模式下的大型地震资料解释系统部署方案. 该方案已经在陆地及海洋地震资料解释项目上得到广泛应用, 能够很好地满足日益发展的石油勘探解释业务需求.

关键词: 地震资料解释系统; 数据存储与组织; 分布式; 解释终端

Seismic Data Interpretation System

JIN Di, ZHUANG Xi-Jin, WANG Qi-Di, CAO Xiao-Chu, WANG Zong-Ren

(Department of Computer Application, PetroChina Hangzhou Research Institute of Geology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Seismic data interpretation system is one of the important tools of oil exploration research. By analyzing the seismic data interpretation business requirement and technology trends, in case of conventional seismic data interpretation system defects, the solution for deploying a large-scale seismic data system based on distribution and concentration integration work mode is proposed. It has been widely used in land and marine seismic data interpretation projects, which shows the system can meet the growing oil exploration business requirement well.

Key words: seismic data interpretation; data storage; distribution; interpretation terminal

1 引言

地震资料解释系统是石油勘探领域地球物理学的重要科研装备, 它是由主要由高性能图形工作站、高速网络、企业级存储、物探解释专业软件等构建的大型计算机应用系统. 随着勘探对象的复杂化和勘探要求的日益精细化^[1], 多用户多工区协同工作的地震叠前数据解释广泛使用, 石油勘探的数据规模与计算量快速增长, 基于图形工作站传统模式下的地震资料解释系统制约着目前解释业务的工作效率. 鉴于此, 本文详细阐述且部署了一种新的地震资料解释系统.

2 需求分析及研究

2.1 解释业务需求

随着地震勘探研究业务的发展需求, 尤其是高密度、超万道地震采集技术的应用, 地震资料解释呈现以下特征:

(1) 地震资料解释从叠后到叠前, 特别是开展叠前 AVO、多属性分析、地震反演及油气检测等业务, 对存储容量的规模与数据资源共享性要求越来越高.

(2) 开展地震资料精细化综合解释, 需要多解释用户与多解释项目工区交叉、重叠、协同完成.

(3) 地震资料解释的数据、解释用户、工区规模的不断增多, 对解释业务系统的可靠性、可用性、便捷性、性能效率等要求日益提升.

2.2 常规解释系统模式

传统解释业务系统以独立图形工作站为核心, 系统结构如图 1.

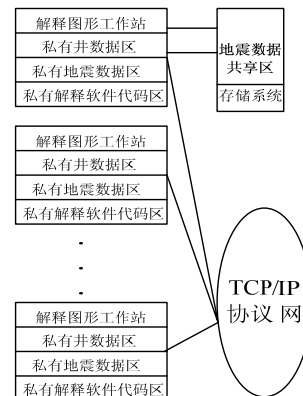


图 1 传统解释系统结构

^①收稿时间:2013-12-09;收到修改稿时间:2014-01-6

其缺点是地震工区与井工区易产生数据孤岛、资源共享性与协同性程度低、可靠稳定性不高、可扩展性差、系统管理工作量大。

3 实现方案

3.1 体系结构

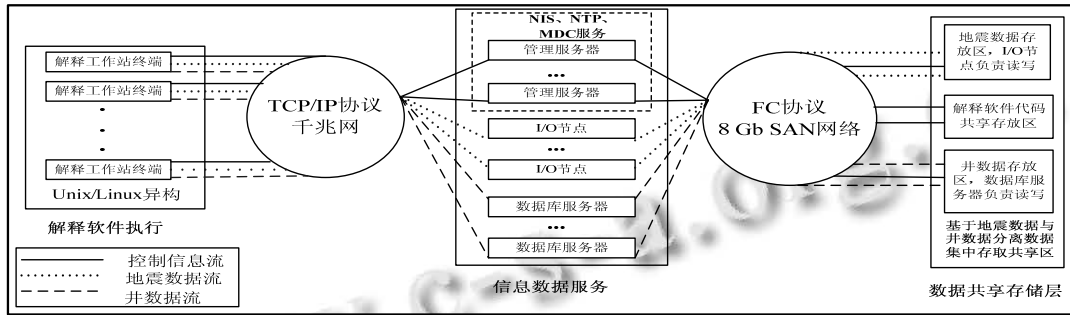


图 2 三层功能模型的地震资料解释系统结构

(1) 解释软件执行层. 通过运行基于 Linux/Unix 图形工作站终端群的大型解释软件, 为物探解释人员提供可视化用户操作界面. 该层的解释工作站本地硬盘不存储任何与解释软件项目工区有关的信息, 通过以太网获取集中存放的解释软件执行代码、地震大数据及井数据信息、解释项目工区、解释用户及软件配置信息, 实现解释软件在终端的分布执行。

(2) 信息数据服务层. 为解释软件执行层运行集中提供三类服务: a) 通过网络信息服务(NIS)技术、网络时间协议(NTP)、元数据控制(MDC)技术分别提供解释用户配置信息之类的信息控制服务、时间同步服务、并行文件系统元数据控制服务, 由管理服务节点完成. b) 接受并组织解释软件执行层的文件方的地震数据请求, 负责从后端存储系统完成大规模地震数据的实际 I/O 并行聚合读写代理, 并传输给解释软件执行层的解释地震工区, 由 I/O 节点群完成. c) 负责提供解释软件执行层的数据库格式的勘探井数据请求、处理, 由数据库服务器节点完成。

(3) 数据共享存取层. 地震资料解释系统所有共享的信息数据存储仓库, 主要分为大文件格式的地震数据、数据库格式的井数据、各类解释软件执行代码、系统配置数据控制信息、各类用户及应用软件配置信息. 这五个不同功能的数据区域协同向上述二层提供数据存取及共享服务。

3.2 大数据存储读写

由于在地震资料解释过程中存在着大容量数据与

设计的基于分布集中融合协同工作模式的地震资料解释业务系统结构如图 2. 由基于分布式运行的解释软件执行层、基于集中服务的信息数据服务层、基于多功能数据区域的数据共享存取层构建成的三层功能模型, 功能如下:

海量文件数, 尤其是叠前地震数据, 本文采用基于分布方式与并行机制对大数据进行统一的存储读写管理, 提高文件读写性能与效率。

(1) 数据存储与组织. 合理优化的数据存储与组织是实现高效大数据读写的必要条件. 构建的分布式存储组织算法流程如图 3, 实现从物理层的磁盘驱动

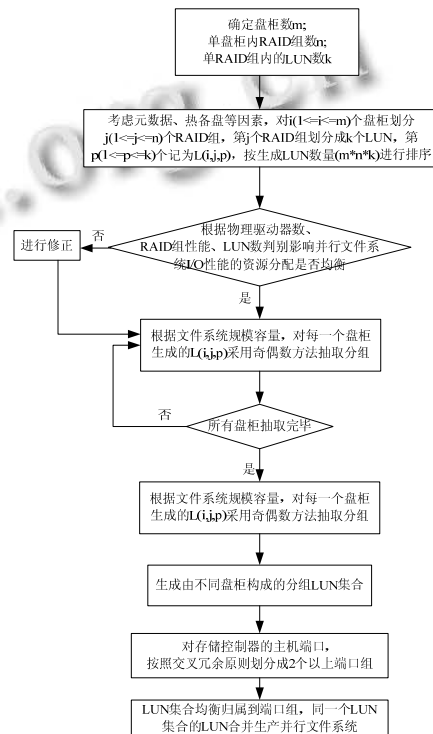


图 3 分布式存储组织算法流程

器到逻辑层的 LUN 数据单元的分布存储, 到最终呈现给用户的并行文件系统视图. 其核心是充分发挥存储单元 I/O 分布优化机制与硬件性能.

(2) 数据读写. 并行 I/O 是提升基于分布式数据存储与组织读写带宽的有效方法. 读写前端采用存储主

机 I/O 节点群与并行文件系统^[2]技术协同的集中响应各类用户 I/O 请求, 实现高聚合 I/O 读写带宽. 读写后端利用基于主机端口的多光纤通道, 基于负载均衡算法的多路径技术, 实现高并行读写分布存储的 LUN 集. 实现机制如图 4.

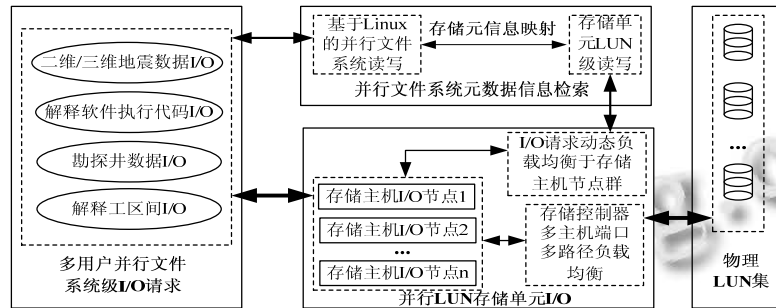


图 4 并行 I/O 实现机制

3.3 网络体系架构设计

根据解释系统结构图 2, 解释工作站终端本地不存放任何数据信息, 这种模式确保了其硬软件故障对解释工区不受影响, 同时对网络的可靠性、传输性能方面提出更高要求.

针对传统的 Port Channle 技术缺点, 采用先进的跨多物理网络设备多端口捆绑的 VPC(Virtual Port Channel)技术^[3]的网络设计部署解决方案. 网络拓扑设计如图 5, 在万兆核心骨干网的互连链路上, 采用 VPC 技术进行端口聚合, 实现网络流量传输的多设备级带宽聚合与负载均衡功能.

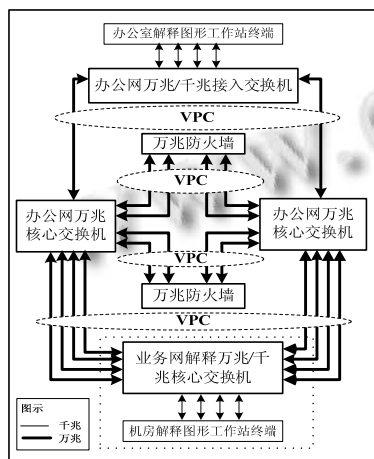


图 5 基于 VPC 技术的网络拓扑

3.4 系统配置与软件部署

管理服务器配置 NIS 服务端、解释终端配置 NIS

客户端, 实现操作系统 RedHat Linux 和 Solaris 操作系统的/etc/hosts、/etc/passwd、/etc/group 等用户配置信息的集中存储管理和分布式共享; 配置 NTP 服务端实现系统时间的统一同步, 提高系统管理效率.

采用 Linux 和 Solaris 操作系统的用户对文件目录访问权限控制^[4], 并行文件系统 StorNex 用户存储空间的配额^[5], 解释软件用户对解释工区授权的三级授权系统配置方法, 实现对解释用户工区数据的安全授权与多解释工区多用户共享访问.

根据解释软件运行资源消耗特点及用户使用需求, 对地震资料解释软件的软件执行代码、数据库、解释用户地震数据加载部署在不同的并行文件系统, 避免同一 LUN 存储单元 I/O 瓶颈, 解决同一个解释终端同时使用多个解释软件及多个用户访问地震工区数据的资源瓶颈.

4 系统实效分析

基于本文给出的解决方案, 存储系统采用 HDS AMS2500, 数据库服务器采用 Oracle E20K 服务器, I/O 节点、管理服务器采用 IBM X3650, 网络核心交换机采用 Cisco Nexus7010, 操作系统采用 Linux/Solaris, 并行文件系统采用 Quantum StorNext 进行系统集成实现并部署大型解释应用软件.

4.1 功能评价

(1) 便捷与可用性强. 由于解释终端本地不存放任何数据、执行代码, 任何解释用户在任何时间在任何

解释终端上进行工区访问的解释工作, 并且多个解释软件同时在同一个终端使用.

(2) 可扩展性好. 新解释图形工作站终端的接入, 只需配置 SNFS 并行文件系统 DLC、NIS、NTP 客户端, 加载并行文件系统, 解释应用软件运行环境信息配置.

(3) 系统可靠稳定. 存储主机采用基于并行文件系统的分布式 I/O 访问机制、存储基于多路径的并行

LUN 读写, 网络骨干核心层使用基于 VPC 的双链路.

(4) 安全授权与共享性好. 所有解释终端、工区数据实现基于分级授权访问的分布式共享, 根据用户需求进行动态配置, 软件许可资源基于浮动式运行. 即确保数据的安全性, 又有力提升了硬软件资源的使用效率和共享性.

(5) 解释终端工作模式灵活. 根据解释用户的需求, 支持 3 种应用软件运行环境模式, 如表 1:

表 1 3 种应用软件运行环境模式对比

	解释工作站终端资源利用方式	运行环境特点
常规模式	cpu、内存、存储、图形显示等资源使用本机, 软件许可不使用本机. 数据与执行代码不存放本机	基本上模拟常规解释图形工作站工作模式.
C/S 结构模式	远程 rlogin ,rsh ssh 登录方式, 只有图形显示、网络所需资源使用本机. 数据与执行代码不存放本机	解释终端机器硬件要求不高,网络和显卡、后端存储硬件要求相对较高, 一套解释软件安装,多台机器和多用户使用.
网路文件系统模式	cpu、内存、图形显示等资源使用本机, 存储、软件许可不使用本机. 数据与执行代码不存放本机	解释终端机器硬件要求较高,网络和显卡、后端存储硬件要求相对较高, 一套解释软件安装,多台机器和多用户使用.

4.2 性能评价

系统部署使用 6 个 I/O 节点作为并行存储主机, 利用 IOZONE^[6]Benchmark 工具进行并行读写的聚合吞吐量性能测试, 如图 5. 使用 dd 对解释终端直接读写并行文件系统与常规 NFS 文件系统的测试数据对比如表 2. 与常规 NFS 网络文件系统相比, 分布式并行文件系统提升解释终端对文件系统的写操作 1 倍以上.

表 2 解释终端 dd 读写测试(文件大小: 2GB)

类型	时间(s)	实测(m/s)	理论(m/s)	效率(%)
NFS 读	18.98	107.88	125	86.3
SNFS 读	18.10	113.13	125	90.5
NFS 写	38.73	52.88	125	42.3
SNFS 写	18.26	112.13	125	89.7

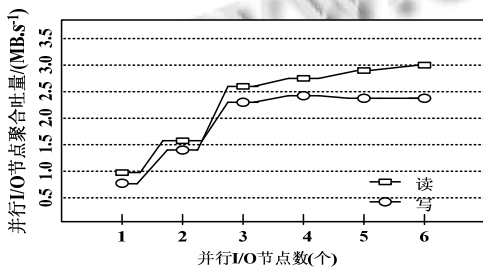


图 5 并行读写的聚合吞吐量

由图 5 可知, 并行读写大幅度提升了后端 I/O 聚合带宽, 峰值读写分别达 3.0GB/s 和 2.4GB/s, 为解释

终端对地震大数据快速访问提供了存储主机端口级保障.

对某海域三维 85GB 地震数据体的解释业务应用测试数据如图 6. 测试数据显示, 多解释用户协同并发的大规模的地震数据加载与地震剖面图形图像的交互式显示的性能效率与单解释用户环境下基本保持一致, 能满足对后端大数据的 I/O 与前端网络文件系统的高带宽的读写性能要求.

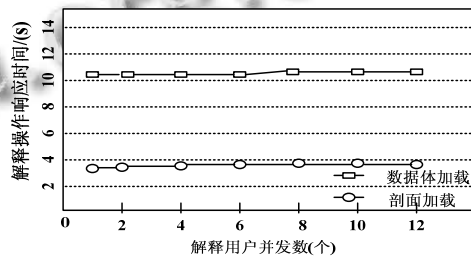


图 6 解释业务应用多用户响应时间

4.3 应用实例

设计部署的地震资料解释系统, 已运行 LandMark、GeoFrame、Jason、Epos 4 套主流大型物探解释应用软件, 在线解释用户共 205 个、在线解释工区 32 个、在线工区数据规模 110TB. 在基于陆地、海洋的国内外多个地震资料解释项目上得到广泛应用, 取得良好效果.

5 结语

本文分析了地震资料解释业务的新需求与现有系统的缺点,从体系结构、大数据存储读写、网络规划设计、系统与应用软件配置方面设计构建了一种新的地震资料解释系统.进行了应用实施与实效功能、性能分析,具有优越性.最终实现多用户、多解释工区、多解释软件协同工作运行的模式,提升了石油物探科研装备的应用水平与效率.

参考文献

- 1 张进铎.地震解释技术现状及发展趋势.地球物理学进展, 2006,21(2):25-30.
- 2 Quantum. Stor Next File System User's uide. Seattle, USA: Quantum Press, 2010.
- 3 Cisco. Cisco Nexus 7000 Series NX-OS Interfaces Configuration Guide, Release 6.x.San Jose CA US-A: Cisco System Inc. 2013. 243-310.
- 4 Evi Nemeth Garth Snyder Trent R.Hein.Linux Administration Hand Book(2nd ed), Upper Saddle River: Prentice Hall, 2007: 70-92.
- 5 Quantum.Stor Next File System Installation Guide(4th ed), Seattle USA: Quantum Press, 2010: 1-28.
- 6 Iozone Filesystem Benchmark. http://www.iozone.org/docs/IOzone_msword_98.pdf