

虚拟地震数据文件并行访问策略^①

文必龙¹, 赵 满¹, 刘永江², 张 璇¹, 赵晶浩¹

¹(东北石油大学 计算机与科学技术学院, 大庆, 163318)

²(中海石油研究中心技术研究部 地球物理重点实验室, 北京 100010)

摘 要: 针对石油勘探行业海量数据过大以及非结构化的特点导致地震数据合并处理时的效率低、消耗磁盘等问题, 提出对地震数据文件建立元数据, 将多个独立地震数据文件通过文件元数据合并方式生成一个逻辑上完整的地震数据文件即虚拟地震数据文件, 提高地震数据合并效率, 并根据地震数据并行访问模型实现对虚拟地震数据文件的 IO 访问。

关键词: 虚拟地震数据文件; 文件合并; 文件并行访问

Parallel Access Virtual Seismic Data File

WEN Bi-Long¹, ZHAO Man¹, LIU Yong-Jiang², ZHANG Xuan¹, ZHAO Jing-Hao¹

¹(School of Computer and Science Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

²(Exploration Software Senior Engineer, Technology Research Dept. CNOOC Research, Beijing 100010, China)

Abstract: In connection with the problems that the massive data file of petroleum exploration industry is too large and unstructured, poor efficiency and consuming disk while data combining, Virtual seismic data file what is a logically complete seismic data file consist of many complete seismic data files by the description of metadata was put forward, it improves the efficiency of seismic data mergence. And according to the seismic data parallel access model, we access the seismic data files.

Key words: virtual seismic data file; file mergence; file access

随着石油勘探开发广度和深度的拓展, 石油数据以飞快的速度不断积累^[1], 用于分析地质的海量数据文件经常以 TB 数量级别出现, 在室内三维地震数据处理前, 地震数据存储形式为多个文件存储, 由多名处理人员同时进行预处理, 按照需求再将所有文件合并后进行地震资料处理及解释^[2]. 因此地震数据文件合并是地震资料处理过程中必不可少的阶段. 目前国内外成熟的地震数据处理软件系统有很多, 国外的如 Echos(FOCUS)、Omega 等, 国内的有 GRISYS 等^[3,4]. 这些软件系统提供了多文件输入的功能, 可以将多个地震数据文件合并为一个地震数据文件, 但是在合并的过程中通过源文件、临时文件生成目标文件, 必须保证磁盘剩余空间至少为所需合并地震数据文件尺寸的总和^[5]. 由于地震数据是非结构化数据且数据量巨

大, 所以合并过程中合并时间长、磁盘消耗大.

因此本文提出对地震数据文件创建元数据, 根据元数据对地震数据文件进行管理, 通过元数据的合并将多个物理上独立的地震数据文件描述成一个逻辑上完整的地震数据文件, 在本文中称为虚拟地震数据文件, 并通过虚拟地震数据文件访问模型实现对地震数据文件的并行访问. 生成虚拟地震数据文件即不需要对磁盘上的地震数据文件进行输入输出操作, 也不需要占用磁盘空间, 使得用户能够高效快速的实现地震数据文件合并, 在处理前对完整数据进行查看, 确保数据的正确性. 文章第 1 节将对地震数据管理、查询访问方式进行简单介绍, 详细介绍如何生成虚拟地震数据文件即地震数据文件的合并, 第 2 节对虚拟地震数据文件的并行访问策略进行介绍, 第 3 节对地震数

① 基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05023-005-012); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11551018)

收稿时间: 2012-09-28; 收到修改稿时间: 2012-11-09

据文件合并、虚拟地震数据文件访问进行性能测试,与国外处理软件进行对比,最后在第 4 节给出结论.

1 虚拟地震数据文件

对地震数据文件访问需要通过地震数据管理系统完成.地震数据管理系统提供了对地震数据的加载存储、快速查询、并行访问等核心功能,从功能组成上可以分为应用接口层、地震数据处理层和地震数据数据访问层三个层次,如图 1 所示:

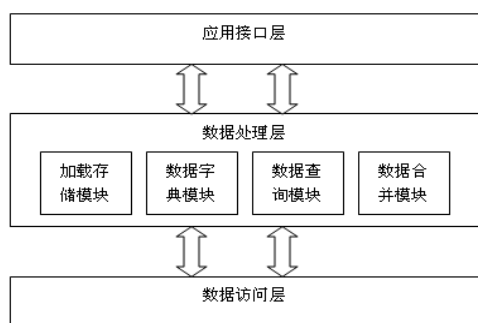


图 1 系统管理功能组成

应用接口层提供对于不同应用的交互接口,满足不同用户的需求.

数据访问层根据数据处理层提供的指令对数据进行访问.

数据处理层提供数据处理的服务,其中加载存储模块提供对地震数据文件加载与存储的功能,在加载数据为地震数据文件创建元数据,同时负责管理地震数据文件名字空间;数据字典模块用于维护整个系统的地震数据文件元数据;数据查询模块能够快速高效的对地震数据文件进行检索;数据合并模块则是将存储在一组数据节点上的多个独立的地震数据文件根据逻辑关系生成一个虚拟地震数据文件,而对于客户端及应用程序则认为访问的是完整的真实的地震数据文件.

1.1 地震数据文件加载存储

对地震数据文件加载的过程也是创建地震数据文件元数据的过程.元数据能够改进系统有效存储、检索和移动数据的能力^[6],因此通过地震数据元数据的描述对数据进行访问操作能够提高地震数据的访问效率.

地震数据元数据是有关地震数据文件存储管理的信息,包括位置、名称、创建时间、数据道个数、采样点个数、样点率、是否叠加、二维数据还是三维数

据等线头信息.地震数据元数据也是有关地震数据道道头关键字管理的信息,记录了道头关键字及其对应的值,为数据道创建<道头关键字--道头关键字值>的键值对,形成地震数据道索引,提高数据检索访问效率.真实的地震数据文件和地震数据元数据的对应关系为 1:1,映射关系如图 2 所示:

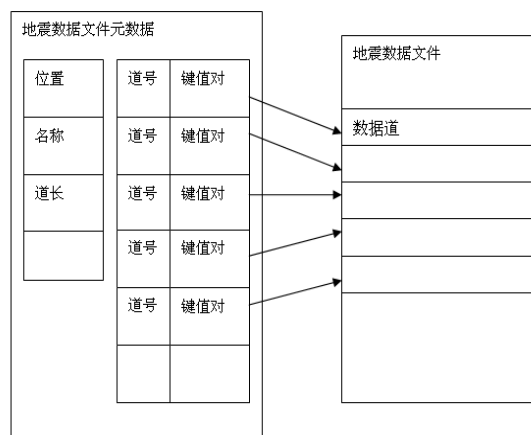


图 2 地震数据文件与元数据映射关系

在图 2 中,地震数据文件包含多条数据道,每道记录多个关键字及其对应的关键字值,地震数据文件元数据记录了地震数据文件中每道的键值对及该道在文件中的序号(道号),通过元数据记录的文件的的基本信息和道号与键值对的映射关系可以实现对地震数据的高效访问.

1.2 地震数据文件查询

地震数据非结构化的特点使地震数据文件检索难度增大,通过地震数据文件元数据对地震数据实现高效检索,查找到用户需要访问的数据块在磁盘中的位置.

文件的位置由元数据直接记录,数据块在该文件中的偏移量的计算公式为:

$$\text{偏移量} = \text{线头长度} + \text{道号} * \text{道长}$$

通过对元数据检索查找到符合用户需求的键值对所对应的数据道道号,计算数据道在文件中的偏移量,根据偏移量和文件存储位置找到数据块的存储位置,实现对地震数据的访问.

1.3 地震数据文件合并

传统的地震数据合并方法需要对所要合并的地震数据文件进行大量 IO 访问,生成新的地震数据文件,这一过程即浪费时间又需要足够的磁盘空间.因此本

文提出通过虚拟地震数据文件的生成高效完成地震数据的合并。

虚拟地震数据文件同真实地震数据文件相同，需要通过数据字典和元数据实现访问。因为虚拟地震数据文件是由多个物理上完整的真实地震数据文件组成的，所以虚拟地震数据文件的元数据与真实地震数据文件是一对多的对应关系，其映射关系如图 3 所示：

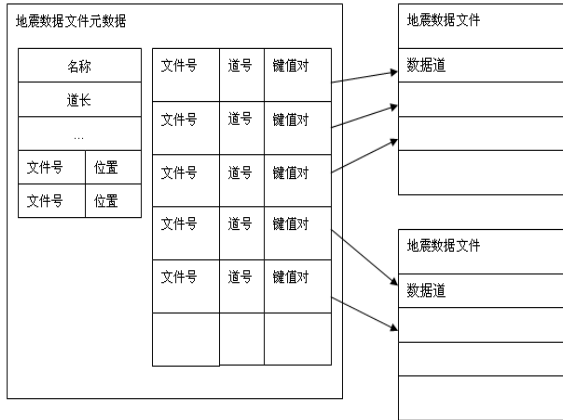


图 3 虚拟地震数据文件与元数据映射关系

在图 3 中，元数据在记录虚拟地震数据文件的线头信息的同时，也记录了组成该虚拟地震数据文件的所有真实地震数据文件的存储位置，并对每个文件标记唯一的文件号。数据管理系统通过检索满足键值对条件的文件号、该文件中的道号计算数据块所在文件的存储位置及在文件中的偏移量，实现对虚拟地震数据文件的访问。

由图 3 可知，通过虚拟地震数据文件元数据的管理可以使多个地震数据文件对外为逻辑上完整的文件。因此虚拟地震数据文件的生成成为虚拟地震数据文件元数据的生成过程，即多个元数据的合并过程。合并原理如图 4 所示：

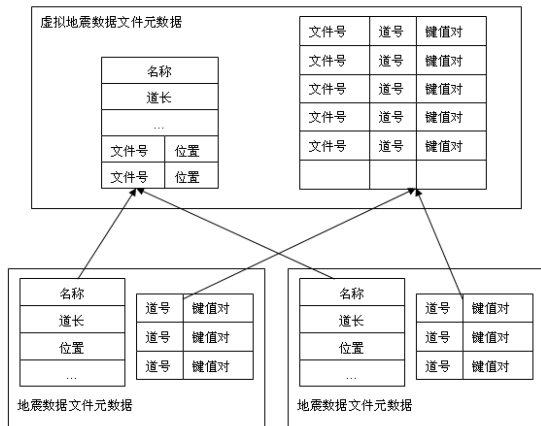


图 4 地震数据文件合并原理

在合并前，需对文件参数检测，保证地震数据文件能够正确合并。参数检测正确后，对地震数据文件元数据实现合并，元数据合并分为两部分：线头信息合并和键值对合并。

(1) 线头信息合并

线头信息记录了完整地震数据文件的基本信息，为了保证元数据对虚拟地震数据文件描述的正确性，需要获取所有物理文件元数据中的线头信息重新计算，同时分配给每个物理文件一个唯一的文件号，记录文件的存储位置。

(2) 键值对合并

对所有地震数据文件元数据中的键值对进行合并时，需要对键值对对应的文件号进行记录，实现键值对与数据道的正确映射，保证虚拟地震数据文件访问前，查询模块能够正确获取满足键值对的数据块的存储位置。

2 虚拟地震数据文件访问

当虚拟地震数据文件元数据中的文件号相同时，表示该虚拟文件只由一个真实地震数据文件组成，所以对虚拟地震数据文件的操作方式对真实地震数据文件同样适用。

2.1 虚拟地震数据文件打开及关闭

对虚拟地震数据文件的进行打开操作，获取文件句柄的过程实际是对多个地震数据文件的打开，地震数据管理系统按照元数据中记录的文件序号由小到大顺序打开地震数据文件，获取的文件句柄根据对应的文件序号保存在文件句柄串中，如图 5 所示：

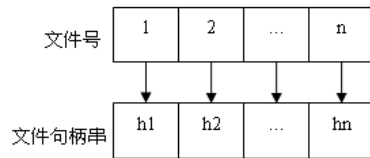


图 5 拟地震数据文件句柄串

关闭虚拟地震数据文件，在释放文件句柄时，需要将文件句柄串中的所有句柄依次释放。

2.2 拟地震数据文件读写

虚拟地震数据文件的定位由地震数据查询模块完成，查询模块通过对元数据的检索提交给数据访问层一组结果集，结果集中记录了需要访问的数据块所在文件的文件号、文件中的偏移量和字节范围。数据访

问层通过文件号获取对应的文件句柄, 通过文件句柄、偏移量和字节范围实现对文件并行访问. 对地震数据文件的访问方式主要有读取、覆盖方式写、追加方式写, 根据访问方式决定对虚拟地震数据的并行访问策略. 为了使高吞吐量的数据访问成为可能, 地震数据在应用程序和数据管理系统中以数据块的形式进行传递, 因此以追加方式对地震数据写操作, 只需将用户传递的数据块一次写入文件. 对文件进行读取操作、覆盖方式写操作通过并行访问方式提高访问效率.

虚拟地震数据文件读取、覆盖方式写入的并行线程个数, 由符合键值对的文件句柄个数、文件句柄对应的道号个数和数据管理节点空闲核个数等因素决定. 算法如下:

N: 数据管理节点空闲核数

M: 符合需求的文件号个数

D[]: 每个真实地震数据文件中满足需求的数据道个数

T: 并行进程个数

K: 一次传递的数据块最佳尺寸

L: 数据道长度

IF(M==1)只对一个真实地震数据访问

{IF(D<(K /L))需要访问的数据道个数较少不会影响数据访问效率

{ T=1;使用单进程访问文件. }

ELSE 数据道个数过多

{ T=N;采用多进程并行访问文件. }

}

ELSEIF(M>1&&M<=N)

{如果需要访问的文件个数少于或等于系统空闲核数, 一个进程针对一个文件进行读写访问.

T=M;}

ELSE

{如果文件个数多于空闲核数, 并行进程个数等于系统空闲核数, 使访问效率达到最高.

T=N;}

对虚拟地震数据文件以追加方式进行写操作时, 只需对其中某一个真实地震数据文件进行追加写操作即可, 考虑数据存储节点负载平衡等因素, 应选择所在存储节点存储率最低并且文件尺寸最小的地震数据文件.

对地震数据文件进行写访问, 在数据写入文件的

同时, 还需修改地震数据元文件中的相关信息, 保证元数据的描述与地震数据文件的一致性.

2.3 虚拟地震数据文件删除

对虚拟地震数据文件的删除方式与真实地震数据文件相同, 分为彻底删除、可恢复删除两种模式.

彻底删除虚拟地震数据时, 需要通过数据元获取组成虚拟文件的所有真实地震数据文件的位置, 逐一将真实地震数据文件删除之后需要将该文件的元数据删除, 解除元数据与虚拟地震数据文件中的映射关系.

可恢复删除并不是删除地震数据文件, 而是只删除该地震数据文件对应的元数据, 地震数据管理节点中不再存在该文件的任何信息. 对于用户来说该文件已经不存在, 无法对文件进行访问操作. 如果想恢复该文件, 则需要将每个真实地震数据文件重新加载至地震数据管理系统后, 根据真实地震数据文件元数据合并生成虚拟地震数据文件.

与彻底删除相比, 可恢复删除在删除时所占用的时间更少, 速度更快, 同时可以防止用户误删除导致的数据丢失.

3 性能测试

在计算节点及数据管理节点有 16 个内核, 每个核频率为 2.13GHz, 内存为 18GB, 100MB/s 的局域网下对多个 70G 的地震数据文件进行合并、访问的性能测试, 并将结果与 Echos 对比.

对多文件合并的所需的时间对比结果如表 1 所示:

表 1 文件合并性能比较

| 文件数 | Echos 合并(s) | 虚拟合并(s) |
|-----|-------------|---------|
| 2 | 6356 | 85 |
| 3 | 9589 | 146 |
| 4 | 12749 | 189 |

分别对 Echos 合并后的真实文件与虚拟地震数据文件进行输入输出测试, 作业运行时间对比结果如表 2 所示:

表 2 文件访问性能比较

| 文件尺寸(G) | Echos (s) | 虚拟文件(s) |
|---------|-----------|---------|
| 140 | 6288 | 4925 |
| 210 | 9490 | 7880 |
| 280 | 12598 | 9786 |

4 结语

地震数据数据量大、检索难度大等特点导致地震数据在合并过程中存在着 IO 访问量大、时间长、效率低、磁盘空间消耗等问题,虚拟地震数据文件对于提高地震数据合并的性能起着至关重要的作用.因此研究、开发虚拟地震数据文件及虚拟地震数据访问模型具有重要意义.

参考文献

- 1 谭锋奇,李洪奇,孟照旭,郭海峰,李雄炎.数据挖掘方法在石油勘探开发中的应用.石油地球物理勘探,2010,45(1):85-91.
- 2 熊翥.我国物探技术的进步及展望.石油地球物理勘探,2003,38(5):565-578.
- 3 罗春波,金立成,于宁,于天宇,王淑芳.使用 Focus 处理系统绘制三维单炮记录的新方法.物探装备,2012,22(3):174-176.
- 4 戴军文,杨勇,李振勇.GRISYS 系统三维地震数据连片处理及关键技术.石油地球物理勘探,2009,44(增刊 1):52-56.
- 5 董树明,徐文胜,董逸生.数据集成中的一种数据合并技术.现代计算机(专业版),2003,(175):6-9.
- 6 Güngör Z, Ünler A. K-harmonic means data clustering with simulated annealing heuristic. Applied Mathematics and Computation, 2007,184(2):199-209.