

面向大数据的数据服务中心设计与应用研究

刘云峰, 李丽, 王素美, 王倩宜, 杨旭, 欧阳荣彬, 龙新征

(北京大学 计算中心, 北京 100871)

摘 要: 大数据管理对传统的基于关系数据库管理系统为核心的数据管理服务平台提出了挑战, 研究开发支持结构化和非结构化数据统一管理的数据管理与服务中心成为一项非常迫切并且重要的任务, 汇总分析出大数据服务中心四项关键技术, 采用可配置泛化表模型等技术, 设计了基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS 和基于 BIG-DMS 的数据综合服务平台应用方案, 支持结构化和非结构化数据的统一存储、管理和访问服务。

关键词: 大数据; MapReduce; 数据模型; 数据服务中心

中图分类号: TP315

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2013)Z2-0170-05

Design and application research on data service platform for big data

LIU Yun-feng, LI Li, WANG Su-mei, WANG Qian-yi, YANG Xu, OUYANG Rong-bin, LONG Xin-zheng

(Computer Center, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Big data management gives challenges to data manage and service platform based on traditional relational database management system, and research on big data management and service platform supporting both structured and unstructured data has become a very urgent and important task. 4 key technologies for big data management service platform was summarized, and the configurable generalization table model was adopt. The data service center system prototype BIG-DMS based on Hadoop platform and the application scheme of data integration services platform based on BIG-DMS were also designed to support both structured and unstructured data storage, management and access services.

Key words: big data; MapReduce; data model, data service center

1 引言

根据维基百科的解释, 大数据^[1]是指规模大到无法通过目前主流软件工具在合理时间实现获取、管理、分析挖掘的数据。大数据^[2]的多样(variety)、量大(volume)、时效(velocity)等特点对传统的数据管理技术带来了前所未有的挑战, 其中多样性主要体现了从结构化数据到非结构化数据的转变。产业界 Oracle、IBM、Microsoft 等逐步推出基于云计算平台的非结构化数据管理系统, 支持对非结构海量数据处理的透明存储和访问。

北京大学电子校务框架^[3]中的数据综合服务管理平台^[4,5]完成了数据的访问、转换、聚合、交换、

管理工作, 为北京大学信息集成提供了关于数据整合的综合解决方案, 为应用和流程集成提供了数据支撑和服务, 在保证基础数据的有效性、权威性和准确性的基础上, 使部门各应用系统最大限度地共享基础数据。

但随着应用系统功能的日趋复杂, 规模逐步扩大, 北京大学电子校务系统建设对数据管理与服务提出了更高的要求。随着各类结构化数据和非结构化数据综合管理和访问需求的增加, 对传统的基于关系数据库管理系统为核心的数据管理与服务平台提出了挑战, 研究开发支持结构化和非结构化数据统一管理的大数据管理与服务平台成为一项非常迫切并且重要的任务。

收稿日期: 2013-09-10

基金项目: 国家发展改革委 2011 年国家信息安全专项基金资助项目

Foundation Item: 2011 National Information Security Special Project Funded by National Development and Reform Commission

在理论研究的基础上, 本文结合北京大学电子校务中大数据管理的实际需求, 应用泛化表模型^[6]和大规模内存数据管理技术, 设计了基于 Hadoop^[7]平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS 和基于 BIG-DMS 的数据综合服务平台的应用方案。本文的具体工作包括以下内容。

1) 汇总分析出支持结构化和非结构化数据统一管理的大数据服务中心 4 个要素, 即: 分布式可扩展的层次化体系结构、统一、灵活可配置的数据模型、类 SQL 查询语言与分析处理能力以及开放的应用模式。

2) 应用动态泛化表模型等技术, 设计了基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS, 支持可配置存储模式、大规模内存管理与快速访问、类 SQL 查询和分布式索引等技术。

3) 设计了基于 BIG-DMS 的数据综合服务平台的应用方案。有效地利用了行列可配置存储模式、大规模分布式内存管理等机制, 设计了面向大数据管理的数据综合服务管理平台技术架构, 支持结构化和非结构化数据统一存储、管理和访问服务。

2 相关研究分析

近年来, Amazon、Google、IBM、Microsoft 等推出了以集群计算为模型的云计算平台, 支持对海量非结构化数据的管理和分析计算。这些集群由自动提供容错、负载均衡和位置感知的不可信计算机组成, 能够提供对海量数据的并行分析计算。MapReduce^[8]是 Google 开发的一种并行分布式计算模型, 已在搜索和处理海量数据领域得到了广泛的应用, MapReduce 编程模型因为其良好的可扩展性、高可用性以及容错性而被广泛地运用于不同的领域。Hadoop 是 MapReduce 的开源实现, 被视为解决高性能处理大数据的有效途径, 在学术界和产业界产生了很大的影响。Hadoop 作为开源的分布式基础架构, 已成为大数据管理的基础研发平台。但此类数据管理系统往往在维持高吞吐量的同时带来了系统反应时间的高延迟, 为了解决此类问题, 近几年部分学者结合分布式 Key-Value 存储和内存数据库 2 种技术特点, 提出了分布式内存中的 Key-Value 存储, 并取得了一些研究进展。

斯坦福大学的 John Ousterhout 教授研究小组研制的 RAMCloud^[9]实现了一种内存中的分布式 Key-

Value 存储, RAMCloud 是在数据中心或集群的大量服务器中汇集内存中所有应用程序数据的软件平台, 它提供低延迟、高性能、可扩展性好的内存分布式存储系统。RAMCloud 系统不足之处在于: 没有提供完全的高可用性, 当一个节点宕机时, 保存在这个节点上的数据就不可用了。加州大学伯克利分校 AMPLab 实验室实现了一种基于内存的只读共享 RDD 存储^[10], 可高效实现 MapReduce、BSP 等计算模型, 其不足之处在于: 系统受现有内存的限制, 可扩展性不强; 如果单个节点工作进程崩溃, 整个系统工作出现故障; 只读结构使得 RDD 不适用于记录更新比较频繁的应用。

传统的关系数据库厂商正在积极应对大数据管理带来的挑战。Oracle 最新推出的大数据一体机提供了基于 Hadoop 的海量分布存储、面向内存的并行数据处理等一系列功能。

总体来看, 现有的面向大数据的管理平台技术取得了进展, 但仍面临着很多技术难题亟待解决, 这些难题包括: 与关系数据库相比, 大数据管理系统还缺少结构化数据和非结构化数据统一管理的数据模型; 缺少层次化的大规模分布式内存和外存的管理架构, 各层次间数据并行处理的任务调度和结果重用需要有效的控制模型支持; 大数据管理系统没有 SQL 那样的统一访问语言标准。

3 面向大数据的数据服务中心关键技术

结合电子校务的真实数据管理环境和应用需求, 本文综合分析出大数据服务中心的关键技术的 4 个要素。

1) 分布式可扩展的层次化体系结构: 大数据管理与服务平台系统具有分布式可扩展的体系结构, 可基于大规模分布可扩展的多种计算环境提供层次化存储和计算服务, 提高大数据管理与服务平台的可扩展性和可靠性。

2) 统一、灵活、可配置的数据模型: 支持大数据管理的数据模型应灵活地表达不同类型结构化和非结构化数据的各项特征; 同时相对简单, 便于用户表达查询, 简化系统实现流程, 重用目前的关系数据处理框架; 针对大数据应用需求的多样性, 应该具备支持可配置的存储模式; 此外支持类 SQL 查询语言以便与目前的关系数据库管理系统有效集成。

3) 类 SQL 查询语言与分析处理能力: 大数据

管理与服务平台的查询语言应具有结构化查询能力的统一非结构化查询语言：通过非结构化数据元数据的提取和集成，非结构化数据管理系统支持用户利用结构化数据查询处理非结构化数据。大数据服务中心应内置并行数据分析挖掘算法，包括分类、聚类、关联规则等典型挖掘算法。另外，在数据服务层还可提供若干 DBA 管理工具。充分挖掘非结构化数据中蕴含的语义信息，更好地支持企业决策分析。

4) 开放应用模式：非结构化数据管理系统具有开放的应用框架，允许用户注册不同类型的非结构化数据元数据提取方法、提取数据匹配、集成与融合方法、特定操作实现算法，实现一个开放式的统一操作平台，支持非结构化数据管理系统在不同应用场景中的扩展。另一方面，提供多层次的应用开发接口（API），允许用户在不同系统层面上访问系统资源。

4 基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS

针对大数据服务中心关键技术的 4 个要素，结合电子校务的数据管理环境和应用需求，本文设计了基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS，其架构如图 1 所示，它基于开源的 Hadoop 和 HBase 云计算平台，在其上设计了大数据管理系统，实现了分布式的结构化数据和非结构化数据的统一管理。

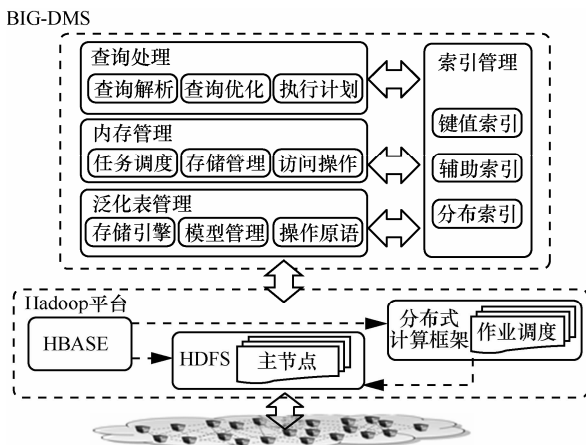


图 1 数据服务中心系统原型 BIG-DMS 架构

数据服务中心系统原型 BIG-DMS 包含如下主要功能。

1) 泛化表模型的应用：适用于大规模分布式环

境的多样化数据表示方法，支持面向应用的自定义软模式，支持同时实现行列混合式、可配置的存储模式。

大数据服务中心要求可以随着存储需求的动态变化以向外扩展的方式弹性地自由伸缩。这就决定了数据集中的不同对象是分散存放的，而且数据的存储位置也会随着系统的负载变化而动态地调整。

泛化表结构是一个分层的可配置的分层存储结构，在无模式(Key,Value)对的集合之上创建了一个面向表的软模式，是一组彼此相关的(Key,Value)对视图，其中，上层用于描述数据的逻辑结构，下层定义了数据的物理组织方式，该存储模式是可配置的，即上层表结构的软模式可以根据不同应用的需求定制，而下层的物理存储格式对于组成一个表的不同部分也是可选的。

泛化表模型可以被看作是传统关系表的一个泛化。如果用户只为软模式定义唯一的行式列组，则动态泛化表等同于一个关系表，元组中的所有(Key,Value)对在云环境中都被一起存放；如果只定义唯一的列式列组，或是指派每一个列在一个单独的列组中，则动态泛化表中的数据按垂直的方式划分，每一个属性对应的所有(Key,Value)对被存储为一个单独的文件。

2) 面向分布式内存的存储管理：应用支持基于分布式内存的 Key-Value 存储技术，实现将海量数据加载到分布式系统的内存中进行有效管理，并提供面向分布式应用的计算框架。

结构上分为 2 个层次：存储层和调度层。其中，存储层提供分布式基于内存的 KeyValue 存储，提供获取数据的原语操作接口；调度层负责任务在计算节点上操作，调度分层次实现，外层使用静态调度，内层使用动态调度；此外，作者采用 MapReduce 模型来设计实现基于内存的并行数据计算框架。

3) 主从模式下的分布式索引技术：应用主从模式下的分布式索引技术，支持在非主码属性上建立辅助索引，提供数据的高效检索。

4) 类 SQL 语言的查询处理：支持基于动态泛化表的类 SQL 查询语言以及支持 MapReduce 的查询处理方式。类 SQL 查询接口支持用户以类 SQL 语言的形式提交查询请求，它将结构化的查询语句解析为 HDFS 和 HBase 上的系统调用或是 MapReduce 作业

在内存管理系统中并行执行。

5 基于 BIG-DMS 的数据综合服务管理平台的应用方案设计

本文应用动态泛化表模型等技术设计了基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS。结合北京大学电子校务中大数据管理的实际需求，设计了基于 BIG-DMS 的数据综合服务平台应用方案，其架构如图 2 所示。

架构方案包括数据交换中心和数据服务中心，数据交换中心负责数据的接入、订阅和分发等功能；数据服务中心通过对各种业务数据进行集成、组织、管理和分析服务功能。大数据管理的核心需求都由数据服务中心来承担。

在应用方案设计中，本文充分应用 BIG-DMS 中动态泛化表模型和大规模内存数据管理等技术，设计了面向大数据管理的数据综合服务管理平台技术架构，支持结构化和非结构化数据统一存储、管理和访问服务。重点包括以下三条。

1) 基于列存储的主数据管理模式

主数据是用来描述核心业务实体的数据。在电子校务体系中，经常用以跨越各个业务部门重复使用。从数据管理角度来看，该类数据的特征是一般只追加、少修改、频繁被查询。因此作者有效利用 BIG-DMS 中动态泛化表模型支持的行列可配置存储模式，将其设置为按列存储模式，提高查询效率

和与外部的连接查询效率。

2) 面向数据活跃度的大规模分布式内存数据管理模式

虽然大数据管理解决了海量数据组织和存储的问题，但是往往在维持高吞吐量的同时带来了系统反应时间的高延迟。本文提出了面向数据活跃度的大规模分布式内存数据管理模式，根据被访问的活跃程度高的数据调度到 BIG-DMS 分布式内存中进行管理，实现数据访问的低延迟、高吞吐量管理计算的核心关键问题。

3) 基于行存储的非主数据管理模式

对于非主数据而言，从数据管理的角度来看：该类数据的特征是随业务系统应用而被反复更新、少量的与主数据建立连接查询，因此本文仍利用 BIG-DMS 中动态泛化表模型支持的行列可配置存储模式，将其设置为按行存储模式，提高数据更新的效率和与外部的连接查询效率。

6 结束语

本文汇总分析出支持结构化和非结构化数据统一管理的大数据服务中心关键技术，采用动态泛化表模型和大规模内存数据管理技术搭建了基于 Hadoop 平台的数据服务中心系统原型 BIG-DMS，并针对电子校务应用需求设计了基于 BIG-DMS 的数据综合服务平台的应用方案，支持更加复杂的数据管理和应用需求。

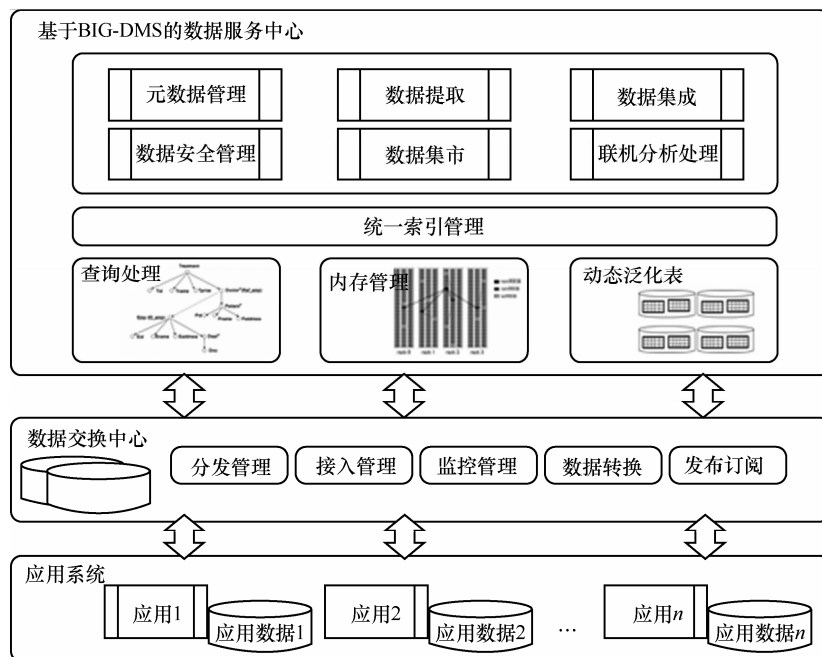


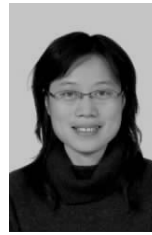
图 2 基于 BIG-DMS 的数据综合服务管理平台的应用方案

参考文献:

- [1] Big data[EB/OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Big_data, 2011.
- [2] ZHOU X F, LU J H, LI C P, *et al.* The challenges of big data from the perspective of data management[J]. Communications of the China Computer Federation, 2012,8(9):16-21.
- [3] 北京大学计算中心. 北京大学电子校务信息门户项目方案[R]. 2006. Computer Center of Peking University Peking University Electronic Affairs Information Portal Project[R]. 2006.
- [4] 王倩宜, 李丽, 欧阳荣彬等. 数据综合服务管理平台主体方案探讨[J]. 实验技术与管理, 2011,28(5):4-6.
WANG Q Y, LI L, OUYANG R B, *et al.* Discussion on infrastructure proposal of data integration and service platform[J]. Experimental Technology and Management, 2011, 28(5):4-6.
- [5] 龙新征, 欧阳荣彬, 王倩宜等. 基于 SSI 模型的综合查询系统的设计与实现[J]. 武汉大学学报(理学版), 2012, 58(21):242-246.
LONG X Z, OUYANG R B, WANG Q Y, *et al.* Design and implementation of a comprehensive query system based on SSI model[J]. Journey of Wuhan University (Natural Science Edition), 2012, 58(21): 242-246.
- [6] CHENG X, MENG B P, CHEN Y X, *et al.* Dynamic table: a layered and configurable storage structure in the cloud[A]. WAIM Workshops[C]. 2012. 204-215.
- [7] Hadoop[EB/OL]. <http://hadoop.apache.org/>, 2011.
- [8] DEAN J, GHEMAWAT S. MapReduce: simplified data processing on large clusters[A]. Proc of the OSDI[C]. California, USA, 2004.137-150.
- [9] OUSTERHOUT J, AGRAWAL P, ERICKSON D, *et al.* The case for ramcloud[J]. Communications of the ACM, 2011, 54(7):121-130.
- [10] ZAHARIA M, CHOWDHURY M, DAS T, *et al.* Resilient distributed datasets: a fault-tolerant abstraction for in-memory cluster comput-

ing[A]. Proceedings of the 9th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation[C]. 2012.1-14.

作者简介:



刘云峰(1973-), 女, 山东莘县人, 博士, 北京大学高级工程师, 主要研究方向为数据库应用技术、高校教育信息化。

李丽(1980-), 女, 湖北黄州人, 北京大学工程师, 主要研究方向为数据库应用技术、数据仓库、高校教育信息化。

王素美(1980-), 女, 河北保定人, 北京大学工程师, 主要研究方向为数据库应用技术、高校信息化建设。

王倩宜(1972-), 女, 辽宁大连人, 北京大学高级工程师, 主要研究方向为数据库应用技术、高校教育信息化。

杨旭(1980-), 男, 河南安阳人, 北京大学工程师, 主要研究方向为网络技术、数据中心建设与维护。

欧阳荣彬(1979-), 男, 湖南宜章人, 北京大学高级工程师, 主要研究方向为数据库应用技术、高校教育信息化。

龙新征(1984-), 男, 湖南湘阴人, 北京大学工程师, 主要研究方向为数据库技术、数据仓库、高校教育信息化等。