

电网业务中的海量数据存储技术^①

李培军^{1,2}, 吕立², 李喜旺², 马存^{1,2}, 于喜清^{1,2}

¹(中国科学院大学, 北京 100049)

²(中国科学院沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

摘要: 随着电网业务中海量数据的增多, 其所采用的集中式数据库或大电网统一数据库的数据存储方式已难以满足电网业务与管理的需要。本文首先着重分析了电网业务中的数据类型与特性, 然后在综合考虑国家电网当前旧设备与通信网络结构的基础上, 提出了一种适用于电网业务的分布式存储方案, 并对其数据访问控制进行了设计; 最后, 进行了初步验证与对比分析。

关键词: 电网业务; 海量数据; 分布式存储; 访问控制

Massive-data Storage Technology in Power Grid Services

LI Pei-Jun^{1,2}, LV Li², LI Xi-Wang², MA Cun^{1,2}, YU Xi-Qing^{1,2}

¹(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Shenyang Institute of Computing Technology of Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

Abstract: With the increasing of massive-data in Power Grid services, which used the centralized database or unified database of large-scale Power Grid storage technology is difficult to meet the demand of each service and management. Firstly, the paper focuses on analysis of data type and characteristics in the Power Grid services, integrated the State Grid current structure of old equipment and communication networks, then based on that, we propose a distributed storage solutions that applied to Power Grid Services, and also design the data access control; finally, we carry on an initial validation and comparative analysis.

Key words: power grid services; massive-data; distributed storage; access control

随着智能电网建设的不断推进与各行业对电力依赖度的不断增加, 导致电网运行过程中产生的数据量成指数级增长, 并已经逐渐成为广受关注的海量数据, 同时国家电网公司各部门开始追求精益化管理, 其目前存储设计已难以满足实际需求^[1]。

为充分满足各部门的需求, 国家电网公司决定将通过“云计算”技术的研究, 构建“弹性资源分配、资源高效利用、海量数据服务、有效安全控制”的绿色数据中心, 满足业务运行调整、技术引领提升、体系支撑保障作用, 实现信息化支撑“三集五大”体系建设目标。

目前, 为方便管理, 电网业务中主要采用集中式数据库或大电网统一数据库^[2]的方式进行数据存储。而电网业务中海量数据出现的场合正逐步增多, 集中

式存储已难以满足各项业务与电网管理的需要。目前, 海量数据存储系统的数据都是通过分布式文件系统实现的, 但是通用的存储装置并不能合理解决当前电网运营中的各种问题, 因此, 迫切需要采用一种针对电网业务的分布式存储技术, 充分利用现有数据中心架构并充分考虑电网运营过程中的各级单位所关注数据的侧重点, 试图建立一种存储机制, 在当前主干网体系结构^[3]下满足电网业务中的各项需求。

1 电网业务中数据访问特点

在电网业务中, 其主要数据来源于发电、输电、变电、配电、用电以及调度等多个环节, 存储系统需要考虑的主要是其数据类型与访问特性等。

① 收稿时间:2013-09-03;收到修改稿时间:2013-10-04

1.1 数据类型

电网业务中的数据主要包括以下三种类型^[4]:

实时型数据: 当前电网的实时型数据主要是为调度运行人员服务的, 并考虑到管理层及企业领导层人员的应用需求. 其数据主要包括: 各大变电站中利用 SCADA 综合自动化系统处理得到的数据信息与系统中各种监控保护装置的运行状态信息.

关系型数据: 当前电网的关系型数据主要为交易中心工作人员与管理层人员服务的. 其数据主要包括: 生产管理系统的台账信息, 投资统计系统的投资统计数据, 电能采集系统的电量信息, ERP 系统的财务信息等.

文本型数据: 当前电网的文本型数据主要为电网规划工作人员服务的. 其数据主要包括: XML 文档, TXT 文档, E 语言文档等文本所记录的数据, 主要描述了电力系统复杂模型等, 并被广泛应用在计算社会用电网设备模型、数据参数描述、电网运行数据交换规范、电力市场报价格式等多个领域.

1.2 数据访问特性

在电力系统运营过程中, 省/地/县各级电网机构所关注的数据具有明显的不同, 呈分区分级的特点: 县级国家电网机构主要关注于本地用户用电量、用户变电站的正常运营与用户线损等; 地级国家电网机构主要关注于其所辖范围内用电量之和、线损与二次主变线路变电站运营状况等; 省级国家电网机构主要关注于其所辖范围内用电量之和、省间交易电量与一次主变线路变电站运营状况以及电量调度信息^[5]等.

2 数据存储设计

当前电网网络系统的典型运行结构如图 1 所示:

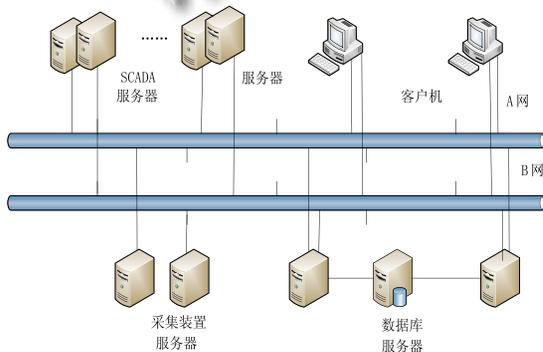


图 1 电网计算机网络系统运行结构图

如图 1 所示, 当前电网内部通过自主铺设网络通道进行数据传递交换, 而且在电网计算机网络系统中包含了各种应用服务器, 且每种应用服务器上部署有不同的服务进程和内存数据库^[6], 但是只有数据中心的数据库服务器安装有传统 Oracle 数据库, 其各种数据通过各服务器之间的大量的数据交换, 保存至数据存储中心.

由此可见, 采用集中式的数据持久化存储使数据库成为访问瓶颈, 严重限制了数据的访问与处理速度, 而且各服务器之间大量数据的频繁交换, 占用了大量的网络资源. 所以, 针对当前电网系统中集中数据库应用场景的缺陷, 本文将要设计一种适用于电网业务的分布式存储方案, 以满足当前的各种需求.

2.1 分布式数据存储

考虑到系统数据采集与访问的分区分级特性, 存储器在进行设置时将采用分区划分策略, 对本区域内的数据进行适当存储. 为提高系统的容灾能力与访问速度, 采用双机热备的部署方式, 并采用多副本联合作业机制.

2.1.1 存储器的功能设计

存储器的存储管理功能结构如图 2 所示:

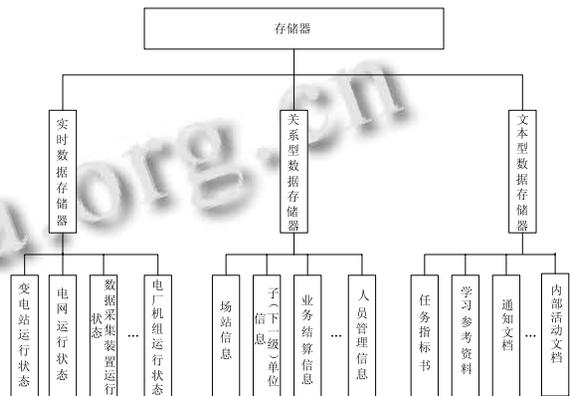


图 2 存储器的功能结构图

由图 2 可知, 存储器主要用于处理三种数据: 实时型数据、关系型数据与文本型数据. 其中, 实时型数据主要用于监测相应系统的当前状态与报告异常. 因此, 在实际存储过程中不需要存储正常工作的状态, 仅需要在出现异常时及时发送异常报告并进行相应记录. 而关系型数据与文本型数据是一种常驻系统的文档, 但又有所不同: 关系型数据的操作具有明显的地域特性与单位特性; 文本型数据主要是上级单位发出,

供所有单位参阅执行或下一级单位所做的月度工作计划, 报由省级相关部门审批执行。

2.1.2 存储方案设计

为实现电网业务中资源整合与充分利用原有设备的基本要求, 同时满足电网业务中海量数据平台的实时性需求等, 其云端存储系统采用分布式存储设计^[7],

并按照省/地/县的三级管理系统进行有效划分。对于其中的实时状态信息, 采用内存数据库作为存储装置, 内部主要记录故障发生信息并进行迅速警报响应, 同时与磁盘数据库进行数据交换, 以供今后的设备故障预警、故障分析提供基本依据。其基本设计方案如图 3 所示:

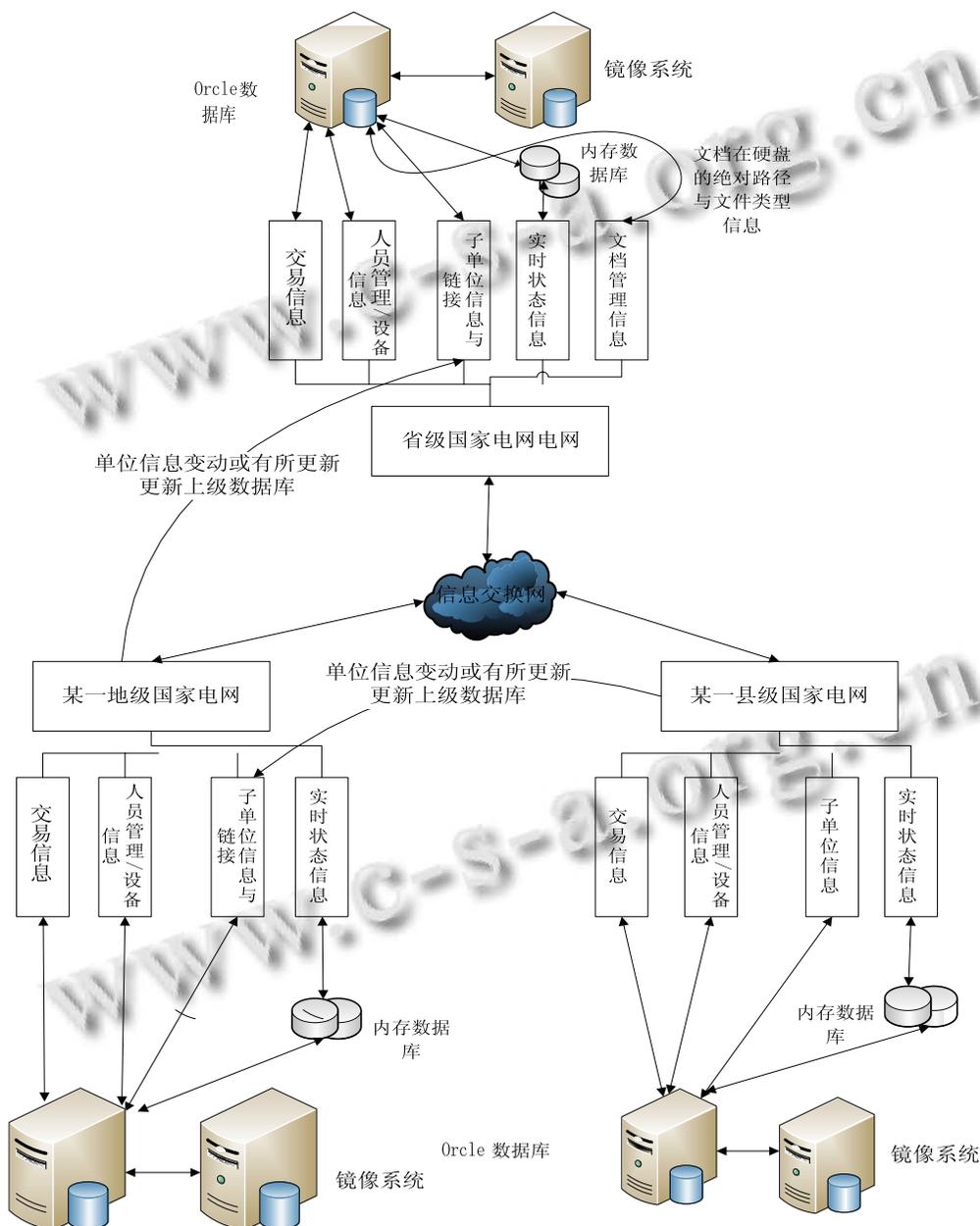


图 3 存储器的分布式方案设计图

由图 3 可知, 系统中数据的存储管理主要包括两大类: 静态数据与动态数据。其中静态数据主要指长时间可以保持稳定且基本不予以变更信息, 主要包括

编码信息与管理配置信息, 即图 3 中的子单位信息; 反之则为动态信息, 主要包括表底值、时段电量等各类计量数据, 即图 3 中的交易信息、人员管理/设备信

息、实时状态信息等。

为实现依据 IP 进行相应的数据存储访问^[8], 存储节点主属性头部定义如下:

```
typedef struct STRU_PointField
{
IPADDR IP; //节点 IP
IPMASK mask; //节点子网掩码
SGRDC_INT32 pt; //测点唯一标识
SGRDC_CHAR8 tag[C_MAX_TAGNAME_LEN]; //
测点名称
DATA_TYPE type; //数值类型, 详细见枚举值部分.
SGRDC_CHAR8 source[C_MAX_SOUR_LEN]; //数据源
SGRDC_CHAR8
sourcetag[C_MAX_SOURCE_TAG_LEN]; //源点名
SGRDC_CHAR8 descex[C_MAX_DESCEX_LEN]; //
描述扩展
SGRDC_CHAR8 digits; //数值位数
SGRDC_CHAR8 scan; //是否采集
SGRDC_CHAR8 archive; //是否存档
SGRDC_CHAR8 status; //状态字, 对开关量起作用
SGRDC_FLOAT32 llimit; //量程下限
SGRDC_FLOAT32 hlimit; //量程上限
SGRDC_CHAR8 step; //是否阶跃
SGRDC_FLOAT32 typicalvalue; //典型值(默认值)
SGRDC_CHAR8 compress; //是否压缩(0 表示不压缩,
1 表示采用压缩偏差参数, 2 表示采用变化率百分比
参数)
SGRDC_FLOAT32 compdev; //压缩偏差
SGRDC_FLOAT32 compdevpercent; //变化率百分比
SGRDC_INT32 comptimeimax; //最大压缩间隔
SGRDC_INT32 comptimeimin; //最小压缩间隔
} PointField;
```

为更好的实现电网业务中数据管理, 同时充分利用采集终端装置的存储系统, 本系统采用周期性数据存储, 均匀利用每一层级的网络资源. 该存储过程主要涉及 5 个基本步骤: 依据采集点 IP 连接相应实时数据库、抽取待写入的测点数据、根据测点名称查询测点 ID、写入测点数据值、断开实时数据库连接. 其具体流程如图 4 所示:

由此可见, 采用图 3 所示的存储方案充分运用了

国家电网内不同级别单位所关注数据的侧重点与数据传输的区域性特性, 可以有效降低网络负载率与数据中心的数据承载, 以此提升数据存储效率与访问、计算、响应速度.

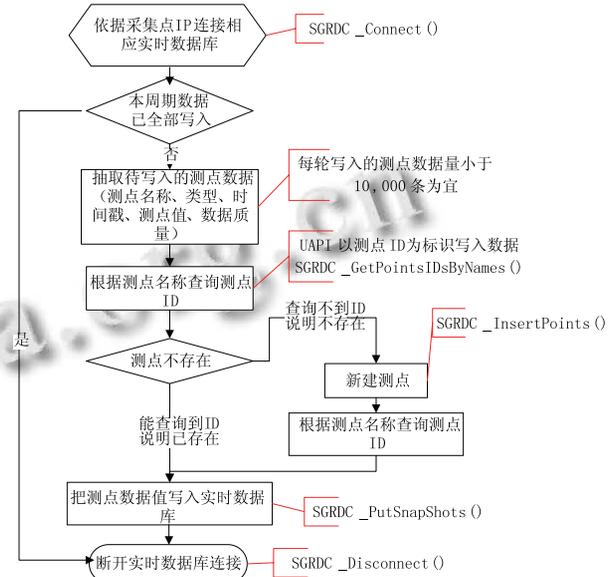


图 4 数据写入流程图

2.2 数据访问控制

2.2.1 数据访问

为充分降低管理开销, 并提高系统利用率, 本存储系统采用无中心节点结构^[9], 即各节点均可接受用户请求, 且具备由任意节点路由到其他任意数据节点的能力. 由于电网各主机均采用静态 IP 访问的策略, 故可以借助于 IP 地址进行相应访问^[10]; 同时, 为便于程序员编程开发相应功能软件与良好的用户体验, 实现实时数据的快速访问与送达的目标, 本系统通过带外虚拟化技术^[11,12]将软件应用和底层硬件进行有效的隔离, 进行融合或划分资源, 进而提高资源的利用率. 其具体虚拟化后的用户开发与使用平台如图 5 所示.

其数据访问过程如下:

- ① 访问本地服务器, 服务器进行 IP 路由表查询;
- ② 从本地服务器出发, 依据路由表查询结果进行相应访问;
- ③ 在目的数据库服务器中查找相应信息并返回; 若所需要查找结果为中间计算值, 则于目的服务器计算完成后返回所需结果.

④ 用户端进行相应结果展示
经虚拟化处理后, 则所有客户端用户访问与程序员

设计开发系统均在此平台基础之上, 调用系统预留的接口而不是直接指定访问, 提高了用户体验与程序开发设

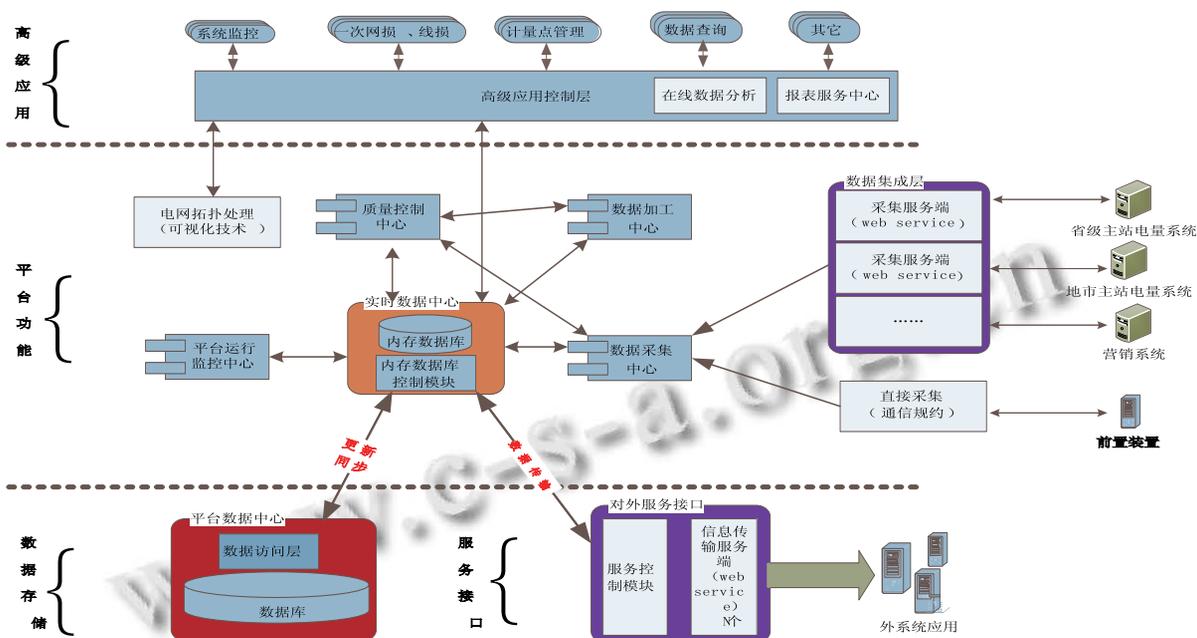


图 5 虚拟化存储系统示意图

计效率, 并充分避免了数据的意外覆盖、存储错误等。

2.2.2 数据控制

为保证各级数据安全, 在数据访问控制方面, 本方案中采用用户权限控制与内外网隔离^[13]控制相结合的控制策略。将用户分为系统管理员用户、工程所有者与普通用户, 并对其所能访问范围与权限进行设定; 系统按照区域、数据组对元件进行划分, 并设置相应权限, 使数据库中的相应数据只对具有权限用户的展示, 实现了各用户只能在各自的权限内实现对数据的相应操作。权限控制界面如图 6 所示。



图 6 授权控制管理图

其权限控制部分的主要实现伪代码如下所示:

```

If (user in userSet) then do
    Judge (right in rightSet);
    If (in) then do go;
    Else then do stop;
Else do
    Apply to the administrator, ask to add in userSet
    The administrator do it or not
    If (done)
        Go to user applying-operation
    Else
        stop
  
```

国家电网公司为充分保证网络安全, 防止内网信息泄露与限制外网接入, 国家电网现采用内外网隔离机制进行相应控制, 可以有效防止外部人员访问与窃取内部信息, 保证了其内系统的免受攻击的安全性。

3 测试及结果

本文对原集中式存储系统与面向电网业务的分布式存储系统进行了相应的访问测试, 比较其主要性能。

首先, 我们需要着手验证依据 IP 访问控制的分布式存储设计与原有集中式存储设计可以实现相同的查

询功能,且数据值相同.现以省公司某用户以管理员身份登录,欲查看每一时刻全省网供有功电量、全省网供

无功电量、功率因数三项指标值.得分布式系统的访问结果与原集中式系统结果一致,结果如图 7 所示.



图 7 电网有功电量与无功电量、功率因数结果显示图

其次,由于国家电网内部属于专网通信,对带宽利用率尚未纳入主要考虑方位.因此我们主要需要验证在数据访问阶段,其时间效率是否有明显提升.由于数据采集平台对电网业务中各项数据采取周期性(实际时间周期为 15 分钟)写入数据库,因此随着时间递增,数据量成倍增加.本实验在对性能测试时,所采用的方法是在整时间点对系统自动访问某一项数据总值,以此对系统的平均响应时间进行比较.实验测试数据如图 8 所示.

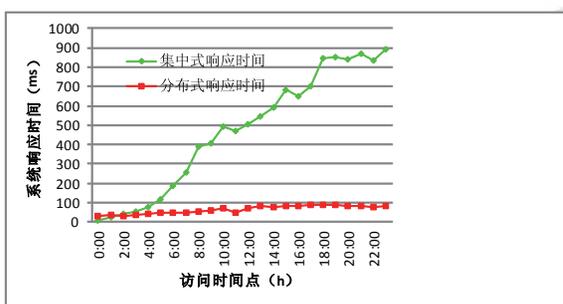


图 8 系统响应时间对比图

从图 8 可知,在数据量较少时,两种存储方式在时间性能方面相差不大.但是,随着数据量的激增,集中式存储服务的系统响应时间出现大幅增长,而分布式存储服务的系统响应时间基本保持稳定.

最后,针对用户权限进行相应测试实验,经验证

其完全可以满足实际需求:登录用户能完全处理其权限集内部事务,但是对权限外事务不可见且不具备任何处理权;作为超级管理者可以修改相应用户权限或增加新用户权限、修改权限集范围等.

4 结语

电网业务中海量数据存储技术的研究与设计主要通过对电网业务中的数据类型与访问特性进行分析,并依据其特点设计了省/地/县三级的分布式存储系统.为实现数据访问控制,设计了一种基于 IP 地址的访问策略,同时为保证数据安全性,采用了用户权限控制与数据权限控制相结合的控制策略,并在实际项目的运用中取得了较好的效果.访问策略的优化工作将作为今后主要的研究方向.

参考文献

- 1 宋亚奇,周国亮,朱永利.智能电网大数据处理技术现状与挑战.电网技术,2013,37(4):927-935.
- 2 李芳,陈勇,张松树,胡涛.大电网统一数据库建设相关技术研究.电网技术,2013,37(2):417-424.
- 3 曹军威,万宇鑫,涂国煜,张树卿,夏艾瑄,刘小非,等.智能电网信息系统体系结构研究.计算机学报,2013,36(1):143-167.
- 4 McArthur S, Brekken TK. Ocean wave power data generation for grid integration studies. Power and Energy Society

General Meeting, 2010 IEEE .Minneapolis, MN: IEEE. 2010. 1-6.

5 李俊娥,罗剑波,刘开培,周洞汝.电力系统数据网络安全设计.电力系统自动化, 2003,27(11):56-60.

6 吴德州,武君胜.面向电力系统的分布式实时数据库设计.科学技术与工程,2008,8(4):929-934.

7 胡喜.支付宝三年光棍节高可用系统架构的演变 .http://wenku.baidu.com/view/91cb072d58fb770bf78a558b.html. 2012-09-08.

8 Alexandros G. Dimakis, P. Brighten Godfrey, Yunnan Wu, Martin J. Wainwright. network coding for distributed storage systems. IEEE Trans. on Information Theory, 2010, 56(9): 4539-4551.

9 罗志明,张大华,王电钢,常健.电力分布式云存储关键技术研究.2012 年电力通信管理暨智能电网通信技术论坛论文集.北京:2013.314-318.

10 张国良,丁岳伟.一种共享 IP 流记录分布式平台.计算机系统应用,2011,20(6):38-43

11 Buyya R, Yeo CS, Venugopal SK, et al. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility . Future Generation Computer Systems, 2009, 25(6): 599-616.

12 金弟,庄锡进,杨俊.存储虚拟化在石油物探的应用.计算机系统应用,2012,21(1):13-16,76.

13 杨焱,李善金,孙禹.电力通信网管理系统的安全防护和系统灾备研究.信息通信,2012,(6):187-188.

(上接第 43 页)

表 2 正确性测试

功能模块	功能要求	测试结果
数据传输模块	实时传输 提供当源表数据进行部分操作时,实时修改目标数据的功能.	通过
	定时传输 提供间隔一定时间,对源表和目标表的数据进行一次同步功能.	通过
	可靠性传输 提供保证数据传输的可靠性和确保数据的完整性的功能.	基本通过
数据校验模块	提供检查数据是否符合相应的标准,对不符合的数据进行备份,并记录错误原因的功能.	基本通过
主键生成模块	提供利用主键表生成目标表的主键,使符合统一编码规则的功能.	通过

(1) 继续完善数据仓库的 ETL 操作,建立一个比较完整的数据仓库,实现一个功能齐全的医疗数据分析系统;

(2) 将来打算结合多种算法,如将关联规则、模糊算法、实例推理算法综合运用到医疗数据库中,能够比较充分、全面对大量医疗数据分析,从而挖掘出的

“知识”要比采用单一算法的挖掘结果丰富.

参考文献

1 徐冠华.J2EE 架构设计.电子计算机,2009,(1):25-32.

2 彭木根.数据仓库技术与实现.北京:电子工业出版社,2010, 10-15.

3 Inmon WH. Building the Data Warehouse (3rd Edition). John Wiley& Sons, 57Inc, 2002, 21-30.

4 Trujillo J, Palomar M, Gomez J, Song I. Designing data warehouses with OOConceptual models. IEEE Computer, 2001, 34(12): 66-75.

5 樊明辉,陈崇成,涂建东.医疗科学数据仓库及 WEB 联机分析处理的设计与实现.福州大学学报,2009,32(5): 163-170.

6 Chaudhuri S, Dayal U. An overview of data warehousing and OLAP technology. SIGMOD Record, 2008, (26): 23-28.

7 王燕萍,夏琳,李黎明.数据仓库实现过程中的关键技术,电子计算机,2009,(3):30-34.

8 Agrawal R.,Srikant R. Fast algorithms for medical association rules in largedatabase. Proc. 20th VLDB, 2010, (9): 487-499.

9 杨胜,孙翱.OLAP 技术的发展新动态.计算机应用与软件, 2011,20:20-21.

10 左建,陈警.数据共享服务的实践与应用.先进制造与数据共享国际研讨会论文集.北京.2010.633-638.