

海迅实时数据库管理系统 应用与开发

主 编 陈锡祥

副主编 杨仪松 张文杰 何卫



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

海迅实时数据库管理系统 应用与开发

主 编 陈锡祥

副主编 杨仪松 张文杰 何卫



TP311.132
18



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



北航

C1745843

内 容 提 要

海迅实时数据库是专门用来处理海量实时/历史数据的数据库管理系统,在当今物联网和大数据时代有着非常广泛的应用前景。本书分为数据库系统、应用开发和典型案例三篇。数据库系统篇介绍了海迅实时数据库的产生背景、体系架构、关键技术、安装与使用、数据库管理和备份恢复等内容;应用开发篇详细介绍了海迅实时数据库管理系统开发工具,包括 HS-DataLink、组态、门户、计算及二次开发接口等;典型案例篇则通过电力系统实际应用案例来展示基于海迅实时数据库管理系统的开发过程,并提供主要的源代码。通过对代码的少量修改,本书案例可直接应用于供电企业的生产和管理环节。

本书既可作为企业生产和管理人员学习并应用海迅实时数据库管理系统的入门指导书,也可作为应用开发人员的实际参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海迅实时数据库管理系统应用与开发 / 陈锡祥主编. —北京: 中国电力出版社, 2014.8

ISBN 978-7-5123-6070-9

I. ①海… II. ①陈… III. ①实时数据库-数据库管理系统 IV. ①TP311.132

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 135991 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.5 印张 524 千字

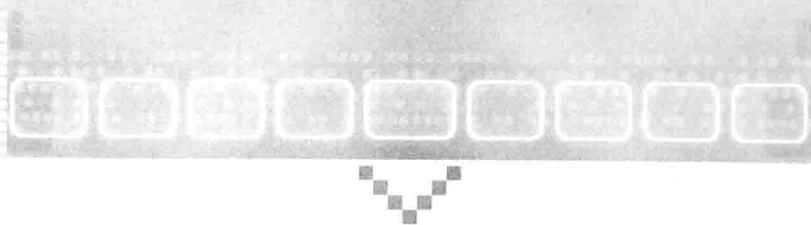
印数 0001—2000 册 定价 65.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

随着物联网的兴起,越来越多的应用系统需要处理海量的实时采集数据和历史数据。如何迅速、高效地存储、处理、展示、检索、分析和应用这些源源不断产生的海量信息,已经成为大数据时代的重要课题。实时数据库管理系统是数据库的一个重要分支,它与传统的关系数据库在体系架构、存储结构以及处理效率等方面有着显著的不同,是专门处理这类海量时间序列数据的数据库系统。

海迅(HighSoon)实时数据库管理系统是江苏瑞中数据股份有限公司在全面总结国内外同类产品优缺点的基础上,按照工业自动化系统以及物联网领域的特点和实际需求精心设计、潜心研制而成的,具有完全自主知识产权,是用于海量实时/历史信息处理的专业平台。该数据库系统可广泛应用于电力、石油化工、钢铁冶金、水情水利、智能交通、环境监测、气象监测、位置服务、现代物流等工业自动化及现代服务业领域,为企业提供更加稳定、高效的实时/历史数据管理平台。系统拥有混合压缩的专利技术,可对数据进行高倍率的压缩存储,特别适合于长久记录生产过程中按时间顺序产生的大量数据。系统提供了组态、HS-DataLink、HS-API(C++, C#, Java)、HS-SDK、HS-ODBC、HS-JDBC等工具和接口,方便基于数据库的应用开发。对于普通用户而言,只要掌握组态和HS-DataLink的使用方法,即可以画面、图表、曲线、报表等方式展现实时和历史数据;对于高级用户,则可通过HS-API、HS-SDK、HS-ODBC、HS-JDBC等接口进行编程,实现复杂的数据加工、处理和分析。

本书分为数据库系统、应用开发和典型案例三篇。数据库系统篇从实时数据库产生背景出发,引出海迅实时数据库管理系统的体系架构、功能组成和关键技术,同时通过安装与使用、数据库管理和备份恢复等章节,有助于读者在实践中快速掌握海迅的使用方法。应用开发篇对海迅实时数据库管理系统提供的各种开发工具进行了详细介绍,包括HS-DataLink、组态、门户、计算及二次开发接口等,可作为开发手册,供读者在案例开发时随时查阅。典型案例篇则通过电力系统实际应用案例展示基于海迅实时数据库管理系统的开发过程,这些案例涉及电网安全稳定监测、主设备安全监测、电网经济运行、配电网线路故障巡视、电网辅助规划等诸多专业领域,都已经实际应用;本书对每个案例都详述了开发背景、设计思路、主要功能、实现方法、运行环境及注意事项、适用范围与限制等,并提供主要的源代码,通过少量修改即可直接应用于供电企业的生产与管理环节。因此,本书既可作为初学者学习应用海迅实时数据库管理系统的入门指导书,也可作为开发者开发复杂应用的参考书。在此,编者期望能与广大读者开展交流,共同学习提高,通过应用开发帮助企业优化管理、提升绩效。

本书由陈锡祥主编,杨仪松、张文杰、何卫为副主编,张鹰、赵京虎、楼平、张珂珩、翁时乐、季胜鹏、凌红星、李贤慧、卢黎明、唐胜、陈军、郑晓露、费东虎、赵裕啸、毛鸿飞、袁堂顺、刘新斌、史英杰、邵越、朱月梅、刘扬、朱恒、周安仁、田辉、陈惠强、程伟、赵俊、彭晨辉、卢峰、张弦、徐国华、周绮、张页、程飞飞、包震斌、韩智伟、吕斌斌、刘淳、詹辉红、王安蒙、蒋建杰、黄正华等同志参加了相关章节的编写工作。

本书的编写还得到了国网浙江省电力公司的关心、支持和大力帮助。在本书的编写过程中，国网浙江省电力公司施永益、金文德等领导和专家提供了许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢！

由于编写人员水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2014年5月

目 录

前言

第一篇 数据库系统

1 海迅实时数据库基础	3
1.1 海迅实时数据库的产生背景及体系架构	3
1.2 海迅实时数据库的特点及功能	4
1.3 海迅实时数据库关键技术	4
2 海迅数据库内核的安装与使用	9
2.1 Windows 部分	9
2.2 RedHat 部分	12
2.3 海迅数据库使用常见问题及解决方案	26
3 海迅实时数据库客户端功能	29
3.1 连接管理器	29
3.2 测点管理	31
3.3 实时与归档数据	37
3.4 枚举集管理	42
3.5 组管理	43
3.6 角色与用户	44
4 海迅数据库备份恢复	46
4.1 海迅数据库备份	46
4.2 海迅数据库恢复	51

第二篇 应用开发

5 平台体系架构	59
5.1 平台体系架构	59
5.2 HS-DataLink 安装部署	60
5.3 HS-DataLink 功能介绍	61
5.4 HS-DataLink 常见问题及解答	87
6 海迅组态工具	93
6.1 组态工具安装部署	93
6.2 组态工具功能介绍	97
6.3 组态工具图元简介	108
6.4 JavaScript 脚本编程简介	110

6.5	组态工具常见问题及解答	114
7	海迅门户系统	116
7.1	海迅门户系统安装部署	116
7.2	海迅门户系统功能介绍	127
7.3	海迅门户系统控件简介	133
7.4	海迅门户系统常见问题及解答	137
8	海迅计算工具	139
8.1	海迅计算工具安装部署	139
8.2	海迅计算工具功能介绍	142
8.3	Lua 脚本编程简介	153
8.4	海迅计算工具常见问题及解答	177
9	二次开发接口功能及接口详细说明	179
9.1	二次开发接口功能	179
9.2	接口详细说明	188
10	其他组件	203
10.1	系统管理	203
10.2	实时总线	208
10.3	权限管理	210
10.4	报表工具	213
10.5	告警组件	229
10.6	趋势分析	252

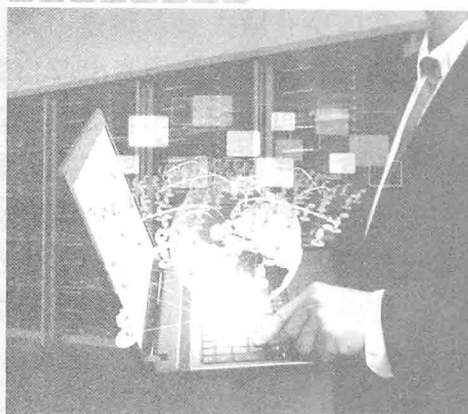
第三篇 典型 案 例

11	变电站表计异常告警	263
11.1	开发背景及设计思路	263
11.2	主要功能和画面	265
11.3	实现方法、适用范围与限制	268
12	电网主变压器容载比监测分析及优化工具	270
12.1	开发背景及设计思路	270
12.2	主要功能和画面	270
12.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	274
13	配电线路运行监视平台	276
13.1	开发背景及设计思路	276
13.2	主要功能和画面	277
13.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	280
14	配电网负荷转移辅助决策系统	282
14.1	开发背景及设计思路	282
14.2	主要功能和画面	283
14.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	286

15	IT 设备实时监测工具	288
15.1	开发背景及设计思路	288
15.2	主要功能和画面	289
15.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	294
16	电网主网架运行状态监控、分析及预警系统	296
16.1	开发背景及设计思路	296
16.2	主要功能和画面	297
16.3	实现方法、适用范围与限制	301
17	有序用电监视及限电辅助决策平台	305
17.1	开发背景及设计思路	305
17.2	主要功能和画面	306
17.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	308
18	变电站设备温度在线监测系统	310
18.1	开发背景及设计思路	310
18.2	主要功能和画面	311
18.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	314
19	变电站直流充电检测工具	316
19.1	开发背景及设计思路	316
19.2	主要功能和画面	317
19.3	实现方法、适用范围与限制	321
20	配电线路实时线损监测分析系统	329
20.1	开发背景及设计思路	329
20.2	主要功能和画面	330
20.3	实现方法、适用范围与限制及应用注意事项	334

第一篇

数据库系统



随着工业化、信息化“两化融合”建设的不断深入，工业自动化系统面临的海量数据实时处理压力越来越大。同时，物联网、云计算作为一种战略性新兴产业的迅速发展而导致的数据量的爆炸式增长及其实时处理要求，更是远远超出了现有数据库系统的处理能力。实时数据库系统是实时系统和数据库技术相结合的产物，其主要作用是实时处理海量并发数据，实时存储企业运营中的过程数据，随时监控生产过程数据，跟踪企业运营状况，提供清晰、准确的企业运营情况断面，辅助企业高层做出正确的商业决策。

1.1 海迅实时数据库的产生背景及体系架构

1.1.1 产生背景

电网生产、运行的各种实时/历史数据是电力企业实现精益化管理的基础。电力系统中数据库的主要作用在于存储模型、采样、告警以及大字段等信息，其中数据库绝大部分空间都是为各种历史采样所占用。目前数据库以关系数据库为主。随着自动化水平的不断提升，应用对数据库处理能力、存储空间、查询能力等方面提出了越来越高的要求。实时数据库是专门设计用来处理海量实时/历史数据的数据库管理系统，针对海量、实时采集数据具有非常高的处理能力，对历史数据具有很高的存储速度、查询检索效率及数据压缩比。但当时一些主流的实时数据库存在不支持跨平台应用、压缩算法单一、价格昂贵等局限，江苏瑞中数据股份有限公司基于国网电力科学研究院承担的国家电网公司科技项目“海量电力信息技术的研究与应用”的研究成果——时间序列数据库（Time Sequenced Database, TSD），研发了海迅实时数据库。

1.1.2 体系架构

海迅实时数据库是在物理上分散于计算机网络节点而逻辑上属于一个整体的数据库管理系统，其体系架构如图 1-1 所示。

如图 1-1 所示，海迅实时数据库数据处理服务器在系统启动时，向命名服务器注册其服务名称和服务地址（包括服务 IP 和端口号）；客户端在访问数据处理服务器之前，先与命名服务器建立连接，查询取得需要访问的数据处理服务器的服务地址，然后建立其与数据处理服务器之间的服务连接，然后就可以进行数据存储和访问工作了。由于数据访问客户端只需要具有数据处理服务器的逻辑服务名信息就可以访问，当数据处理服务器的服务地址发生变化时，数据访问客户端不受影响，从而达到数据的物理位置无关性的目标。

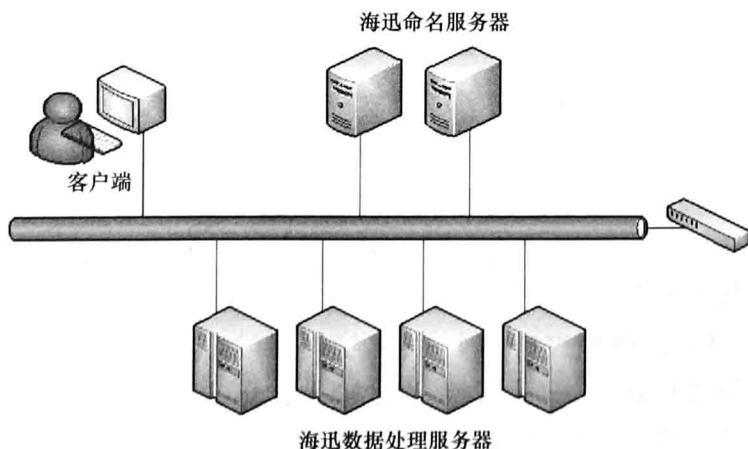


图 1-1 海迅实时数据库体系架构



1.2 海迅实时数据库的特点及功能

1.2.1 特点

- (1) 完全的自主知识产权，保障国家信息安全。
- (2) 充分考虑工业自动化系统以及物联网海量信息处理的需求。
- (3) 采用分布式体系架构，用户在访问数据时不用关心数据服务器的物理位置，整个系统的处理性能和容量可以平滑升级。
- (4) 采用混合压缩技术，同时支持有损压缩和无损压缩，可以在有损压缩和无损压缩之间平滑过渡，同等条件下具有更高的压缩率，能更加灵活地满足应用系统对不同数据的压缩存储要求。
- (5) 系统处理性能高，在普通 PC 机上其数据提交吞吐量达每秒百万事件以上，是现有其他同类产品性能的 10 倍以上。
- (6) 微秒级时间分辨率。
- (7) 支持完全开放给应用的质量码存储。
- (8) 支持跨平台运行。
- (9) 二次开发接口简单、易用，支持多连接、多线程访问。

1.2.2 功能

- (1) 数据压缩存储。
- (2) 数据插入与修改。
- (3) 测点管理。
- (4) 历史数据管理。
- (5) 实时与历史数据查询检索。
- (6) 权限管理。
- (7) 数值统计。
- (8) 冗余镜像。
- (9) 备份恢复。

1.3 海迅实时数据库关键技术

1.3.1 高效并发处理

海迅实时数据库在实现上充分考虑了如何支持海量、高频变化信息的需求，将实时数据库、历史数据库以及数据缓存管理进行有机结合，在程序设计上充分挖掘了现代处理器多核多 CPU 技术、操作系统技术、存储器技术和网络通信技术的潜力，在网络并行化、磁盘交互、线程池技术、数据存储、索引机制等关键技术方面取得了一定突破。为了达到高速处理的要求，系统采用线程池技术实现并行处理数据写入请求，充分协调网络通信和报文处理，使得多个 CPU（多核）可以并行处理来自一个 TCP 链接上的多个请求报文，也就是将一个 TCP 连接上的报文处理任务并行化，从而达到高效处理的目标。经过测试，海迅数据库在普通 PC 机上数据提交吞吐量达每秒百万事件以上，是现有其他同类产品性能的 10 倍以上。

1.3.2 混合压缩技术

海迅数据库有机地整合有损（线性带宽）和无损两类（哈夫曼）主流压缩算法，支持两

者的混合使用，大大增强了应用选择的灵活性。混合压缩技术既满足了对数据压缩精度的不同应用需求，也满足了数据存储较小空间的要求。采用该技术对生产过程中大规模时间序列历史数据进行存储后，数据实际压缩率都将优于国内外同类产品。

1.3.3 支持 64 位系统

由于在用户用电采集系统以及部分物联网的应用环境下，海迅实时数据库需要管理 TB 级别的海量数据，同时支持 1 亿个以上的测点，在运行时需要更大的内存。传统的 32 位操作系统中内存管理极限为 4GB，新一代的 64 位操作系统可以更有效地处理海量数据，理论上最高可支持 1600 万 TB 的内存。通过在 64 位操作系统上的移植，海迅实时数据库可以将足够多的数据预加载到内存中，以便处理器快速访问这些数据。这种特性大大减少了将数据载入内存以及检索数据并将数据写入数据存储设备所花费的时间，因此可使实时数据库运行得更快、更高效。

1.3.4 跨平台支持

海迅数据库目前支持主流的 Windows、Linux、Unix 操作系统，例如 Windows Server 2008、Red Hat Enterprise 5.5、IBM AIX 6.1 等。

1.3.5 客户端缓存技术

用户向数据处理服务器发送的诸如数据点维护（增加、删除、修改）请求和数据提交请求都在客户端本机磁盘上做实时缓存，利用高速的文件内存映射机制，将完整的请求作为一个数据包写入文件。只有客户端接口确认服务端已经接收到这些数据，才将这个数据包从缓存文件中删除；如果在发送这些请求报文的过程中网络通信或者数据处理服务器发生故障，客户端接口会持续缓存请求报文，并不断生成新的缓存文件。当数据通信恢复正常后，客户端接口会逐步将缓存的数据重新发送到服务端，从而能够保证提交的数据在故障过程中不丢失。该技术可以简化客户端软件的编制复杂度，不需要考虑由于网络故障或者服务器故障情况下的数据处理流程，同时大大提高了系统的可靠性。具体流程如图 1-2 所示。

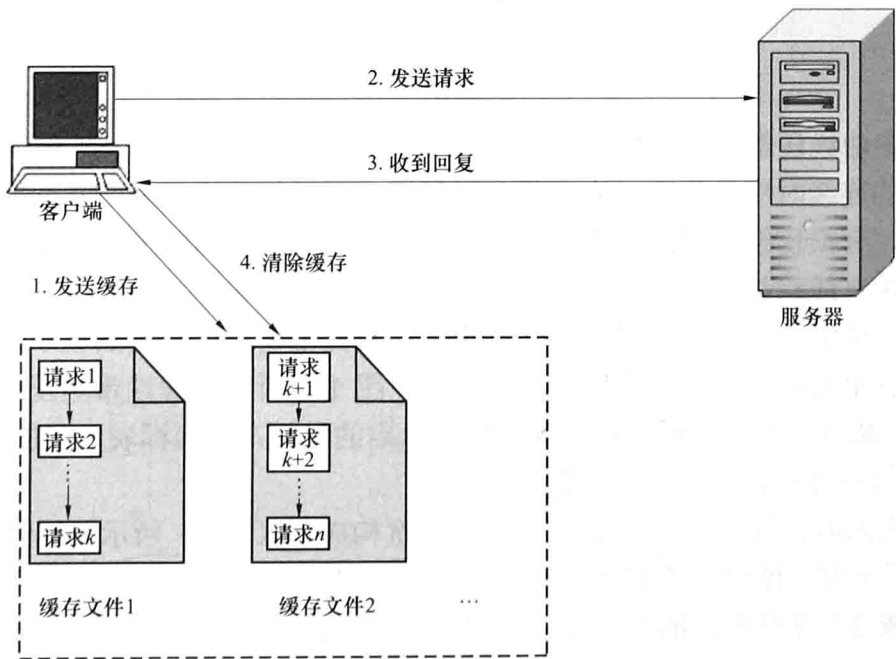


图 1-2 海迅客户端缓存流程

1.3.6 静态网络负载均衡技术

如果在客户端与服务端之间存在多个网络连接（如存在双网结构），数据库会实时记录每个网络连接上的带宽利用率，新的客户端在与服务端建立通信连接时会对这些连接按照带宽利用率大小进行排序，然后选择利用率比较低的网络作为本次的通信链路，从而实现网络负载的自动均衡，降低整体网络的带宽占用率，提高网络通信能力。图 1-3 所示为静态网络负载均衡示意图。

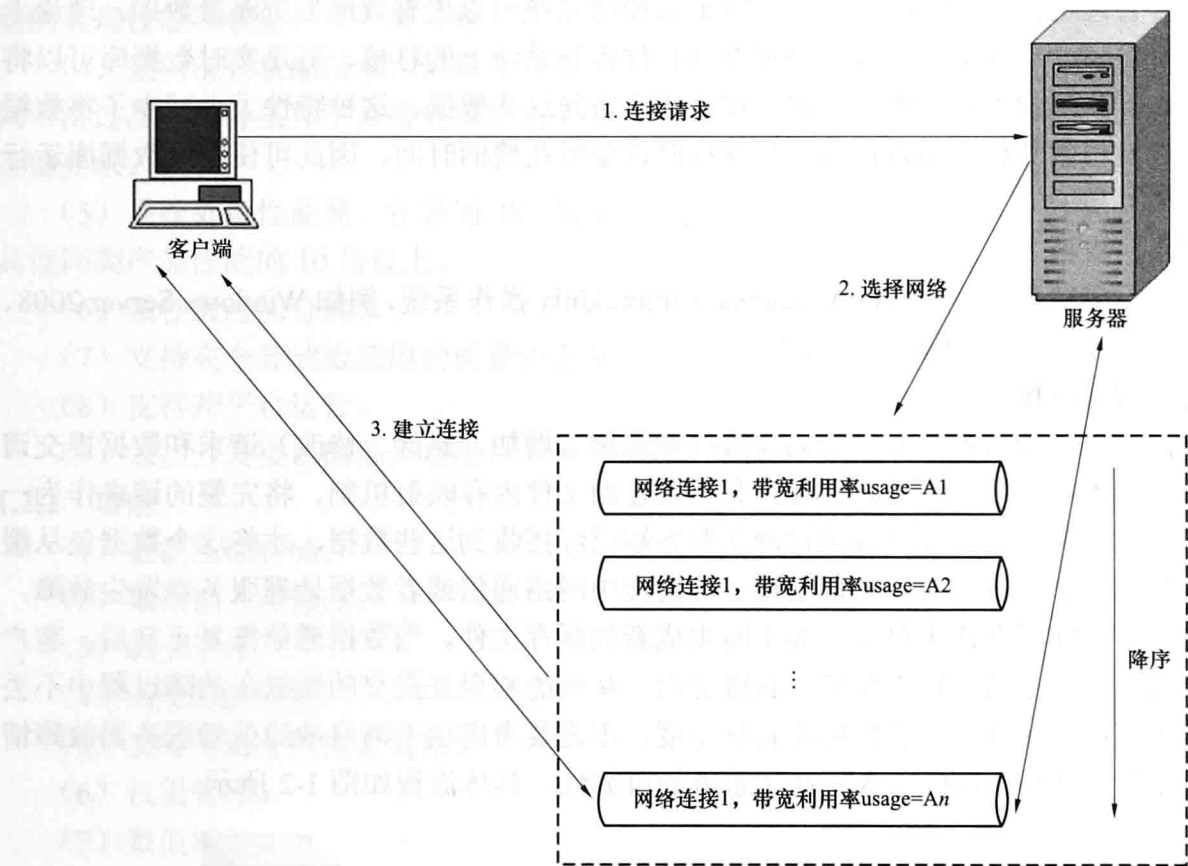


图 1-3 海迅静态网络负载均衡示意图

1.3.7 连续历史曲线压缩存储技术

对数据点的连续时序数据可以先进行有损压缩，再进行无损压缩，从而取得更高的综合压缩率；其中，有损压缩采用线性带宽压缩算法，无损压缩采用哈夫曼压缩算法。线性带宽压缩算法是一种直线趋势化压缩算法，其本质是通过一条由起点和终点确定的直线代替一系列连续数据点。压缩的原理是将起点和终点构成的线性带宽区域与起点和中间点构成的线性带宽区域是否有重合区域决定是否压缩掉中间点。图 1-4 所示为线性带宽压缩（有损）的流程，图上有 A 、 B 、 C 、 D 4 个原始点，横坐标表示点的时间，纵坐标表示点的值。流程如下：

- (1) 初始只有 A 点，作为压缩的起点。
- (2) B 点进入时，使用 A 点和 B 点的上下带宽构成“区域 1”所示的线性区域。
- (3) C 点进入时，使用 A 点和 C 点的上下带宽构成“区域 2”所示的线性区域，由于“区域 1”和“区域 2”存在重合的“区域 3”，所以将 B 点压缩，并将“区域 3”作为下次比较的基准。
- (4) D 点进入时，使用 A 点和 D 点的上下带宽构成“区域 4”所示的线性区域，由于“区

域 3”和“区域 4”不存在重合，所以 C 点需要保存，并将 D 点作为下一轮压缩的起点。

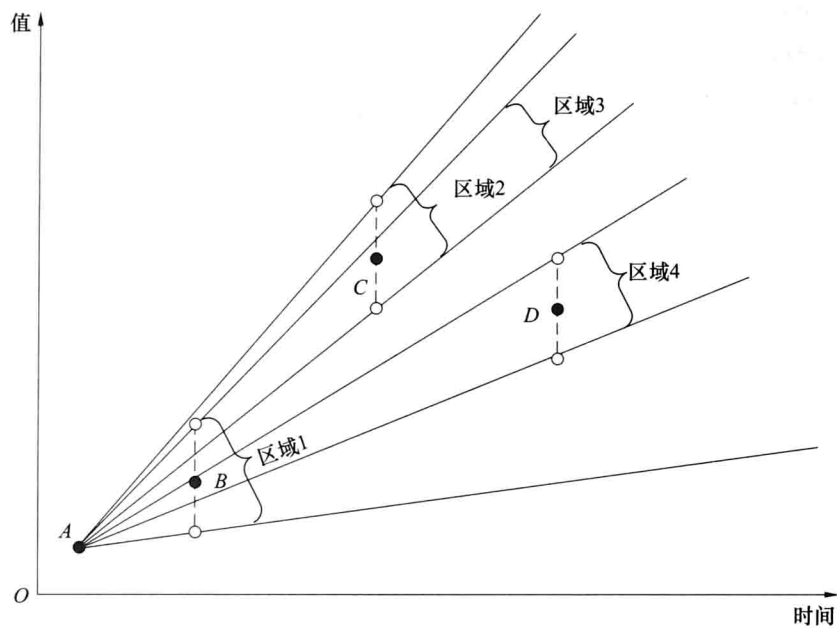


图 1-4 海迅线性带宽压缩（有损）流程

哈夫曼压缩算法原理是对字符进行重新编码，对于使用频率越高的字符，其编码也越短。海迅数据库在利用哈夫曼算法时，充分考虑到算法的特点，将存储的数据结构二次划分为时间、值、质量码 3 个部分，然后对这 3 个部分分别进行压缩，提高压缩率。图 1-5 所示为海迅线性带宽压缩（无损）的流程。

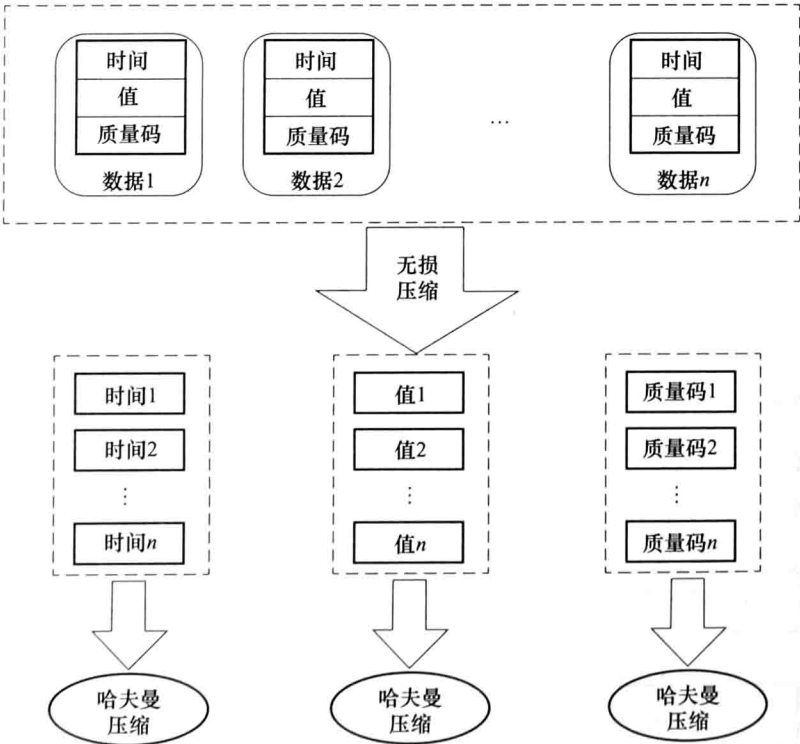


图 1-5 海迅线性带宽压缩（无损）流程

1.3.8 离散变化量压缩存储技术

对离散数据点的时序数据，海迅数据库先应用变化压缩算法对其进行有损压缩，再进行无损压缩，从而取得更高的综合压缩率；其中，变化压缩算法流程如图 1-6 所示，无损压缩流程与连续历史曲线的压缩流程一样。

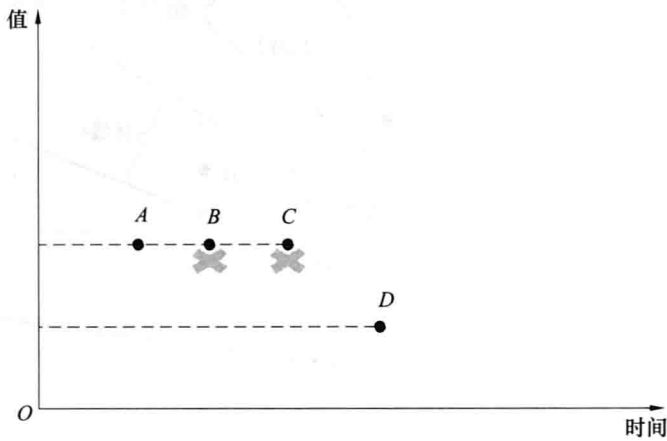


图 1-6 海迅变化压缩算法流程

图 1-6 中，数据起始点为 A 点，由于后来进入的 B 点、C 点与 A 点的值一样，没有发生变化，B 点和 C 点都被压缩。D 点进入后，由于值与 A 点值不同，产生了变化，所以 D 点保存。

1.3.9 历史数据更新技术

海迅实时数据库支持在任何时间段插入、修改历史数据的功能，插入或者修改的数据仍然以压缩格式存储，其接口形式与按照正常顺序写入数据的接口形式一致。历史数据的更新流程如图 1-7 所示。

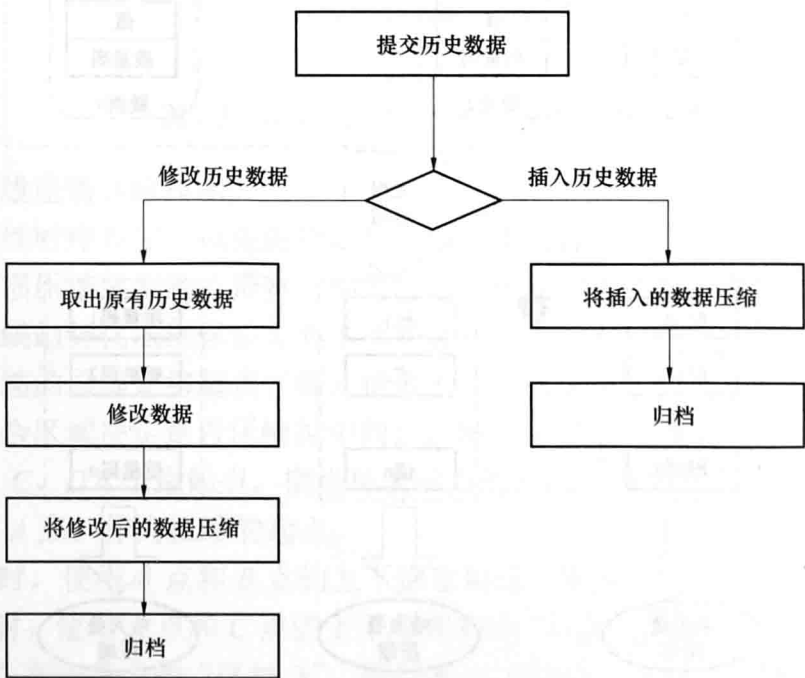


图 1-7 海迅历史数据更新流程

2.1 Windows 部分

2.1.1 Windows 安装环境要求

2.1.1.1 软件环境要求

系统：Windows 7/Windows Server 2003/Windows Server 2008。

软件环境：VC 运行环境。

系统位数：64 位。

2.1.1.2 硬件环境要求

CPU：双核或多核、处理器主频 3GHz 以上。

内存：32GB 以上。

硬盘：800GB 以上。

网卡：100MB 或 1GB。

百兆/千兆局域网接入/光纤网络接入。

2.1.2 海迅数据库的授权

用命令 `ipconfig -all` 查看计算机的物理地址（MAC 地址，比如 D1-D3-45-87-98-21）并将该地址反馈给供应商。供应商会返回给匹配这台主机的正确授权文件 `license.hs`。将匹配该主机的 `license.hs` 文件放入 `license` 文件夹。

2.1.3 海迅数据库的安装

2.1.3.1 安装海迅实时数据库准备工作

在安装海迅实时数据库之前，需要确定安装计算机的 .Net Framework 版本在 2.0 以上并且有 VC 运行环境。VC 运行环境的安装程序是 `runtime` 目录下的 `vcredist_x86_vc2008.exe/vcredist_x64_vc2008`。找到这个文件按照提示完成其安装即可。

需要注意的是：若安装主机为 Windows 7 或者 Windows Server 2008 系统，必须将 UAC（用户账户控制）关闭并重启电脑使之生效。

Windows 7 系统关闭 UAC 的步骤为：打开控制面板→用户账户→更改用户账户→更改用户账户控制设置为“从不通知”，然后单击确定完成，如图 2-1 所示。

Windows Server 2008 系统关闭 UAC 的步骤为：打开控制面板→用户账户→更改用户账户→打开或关闭“用户账户控制”将“使用用户账户控制（UAC）帮助保护您的计算机”前面复选框的钩去掉，然后单击确定完成，如图 2-2 所示。

2.1.3.2 安装海迅实时数据库

首先修改 `bin` 目录中 `hs_config.ini` 配置文件。`hs_config.ini` 文件所有配置项和对应说明如图 2-3 和图 2-4 所示。