

乔梁,许竹霞,孙林花,等. 基于负载均衡的数据库集群对气象数据的共享服务[J]. 干旱气象, 2017, 35(3): 516-521, [QIAO liang, XU Zhuxia, SUN Linhua, et al. Shared Service of Meteorological Data Based on Database Cluster of Load Balancing[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(3): 516-521], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0516

基于负载均衡的数据库集群 对气象数据的共享服务

乔梁^{1,3}, 许竹霞¹, 孙林花¹, 孔小怡¹, 乔雅敏²

(1. 甘肃省气象信息与技术装备保障中心, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象局应急与减灾处, 甘肃 兰州 730020; 3. 兰州大学, 甘肃 兰州 730000)

摘要:甘肃省国家自动气象站、区域自动气象站实时气象数据的共享服务由单一数据库服务器承担,在汛期用户访问频繁时,经常因为查询量过大,造成数据库表无法正常访问,数据无法入库,给用户带来不便,也为数据库维护带来负担。针对此类情况,本文采用将数据实时同步到多台数据库服务器中,通过负载均衡设备,将多台数据库服务器组建为数据库集群,实现用户对数据库集群的负载均衡访问,从而达到对用户的访问分流至数据库集群的节点服务器上,减缓对单一数据库服务器的访问压力,保障汛期实时气象数据的实效性及稳定性。

关键词:负载均衡;数据库集群;数据同步;实时气象数据

文章编号:1006-7639(2017)-03-0516-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0516

中图分类号:TP311.5

文献标识码:A

引言

随着经济、社会的不断发展,极端天气事件给社会财富及人们的生命财产安全带来的危害不断增加,对天气预报精确度的要求也在不断提高。气象数据是天气预报制作的基础,只有将气象数据及时提供给预报员,天气预报才能及时、精确地制作并发布。

近年来,气象数据种类和数量不断增加,海量气象数据的存储管理是通过数据库实现的。气象数据的共享服务,也从用户对数据文件的提取变为对数据库的访问来实现。因此,气象资料数据库的稳定性和效率就变得至关重要,在数据量较小、访问用户较少、访问频率不高的情况下,单一服务器数据库完全能够胜任日常用户访问的任务。随着数据库中数据量增加、访问用户增多、访问频率增高,单一服务器数据库负载将加重,数据库稳定性和访问查询效率将降低,负载过重时甚至出现数据库故障。为提高数据库的稳定性及效率,减少因数据库访问量过大而造成的种种故障,已有学者提出基于负载均衡的数据库集群的设计思路^[1-8],使用多台数据库服

务器组成数据库集群,用负载均衡设备将数据库访问用户通过负载均衡策略分配至数据库集群中的节点数据库中,实现对访问用户的分流,缓解单一服务器数据库的访问压力,提高数据库的稳定性和效率。

甘肃省气象局信息中心向用户提供甘肃省国家级和区域自动气象站数据的数据库,是单一服务器数据库,数据库的稳定性和效率都有待提高。针对这一现状,本文对基于负载均衡的数据库集群设计进行探索,以期提高数据库的稳定性和效率,为用户及时提供所需气象资料,为天气预报的制作发布做好保障工作。

1 数据共享现状及存在问题

目前,甘肃省共有国家级自动气象站82个,区域自动气象站1766个,2类数据每个时次在台站采集完成后立即上传至省气象局信息中心,由信息中心进行打包处理,并分别于每个时次的5 min和15 min内上传至中国气象局国家气象信息中心。同时,甘肃省气象局信息中心将2类资料推送至指定

收稿日期:2016-08-23;改回日期:2016-11-11

基金项目:2016年甘肃省气象信息与技术装备保障中心科技创新基金(201616)资助

作者简介:乔梁(1989-),男,甘肃酒泉人,硕士研究生,助理工程师,主要从事气象信息数据维护与开发. E-mail:455020268@qq.com

的本地服务器,进行实时数据入库,保证资料在到达信息中心的第一时间完成入库,让用户能够及时地查询到当前时次国家自动气象站和区域自动气象站数据,为天气预报制作及防灾减灾工作提供强有力的支撑保障。

承载全省气象资料的数据库服务器时刻承担着大量数据入库及众多用户访问查询的压力。尤其进入汛期,用户对国家自动气象站和区域自动气象站的实时资料十分关注,访问量随之增大,对数据库服务器造成很大的压力。而甘肃省气象信息中心目前承担这2类气象资料共享的数据库只是一台单独的服务器数据库。当访问用户增多,数据库表中存储数据量过大时,常发生数据库表死锁、查询缓慢、数据库写入数据僵死等状况,严重降低了数据库的响应能力及系统的吞吐能力,另外也影响到数据的实时入库。为保证数据库稳定运行,现阶段数据库中只保留7d的数据,但也不能避免常见故障的发生。通常对故障的处理方法是重启服务器SQL服务,若重启SQL服务后仍无法正常使用,就需要重新建表,再将近期数据插入新表中,经过这一繁杂耗时的过程之后才可正常使用。上述情况发生的频率较高,当汛期数据库访问频繁时,几乎每个月都需要重新建表,这完全满足不了实时性极高的气象业务要求。为增强共享服务数据库的稳定性,提高工作效率,保障用户能及时快速查询到国家自动气象站和区域自动气象站实时数据,本文通过负载均衡的数据库集群模式,为用户提供更加稳定高效的自动气象站、区域自动气象站实时和历史数据的共享服务。

2 负载均衡的数据库集群设计方案

使用2台IBM-3850-X5服务器作为数据库服务器,通过深信服AD负载均衡设备,将2台数据库服务器构造为一个数据库集群,并分配虚拟IP地址给该数据库集群。用户对数据库的访问不再是以往针对1台指定的数据库服务器,而是对数据库集群访问,负载均衡设备将用户的访问进行合理分流至数据库集群的每台节点机上,从而避免单一数据库访问量过大造成的各种故障。

将访问用户分流至数据库集群的节点机后,同时还要保证每台节点机上的数据要及时、快速的同步,确保用户访问到实时数据。采用SQL Server 2008数据库自带的“发布订阅”功能,实现数据库集群中2台节点机之间的数据同步,这也避免了2台节点机同时入库、负载过重造成的故障,提高数据库

集群中节点机上数据同步的效率。通过同步每台节点机之间的数据,使得分流至每台节点机的访问用户都能够获得相同的数据,不会因分流到的节点机不同而导致查询到的数据有所差异。

3 数据库集群

数据库集群,指利用至少2台或2台以上的数据库服务器,每台数据库服务器都具有完整的数据库结构及各自独立的IP地址,通过高性能网络连接起来,从而构成一个虚拟的、单一的数据库逻辑映像,通过提供一个虚拟IP地址,在用户层面上,用户通过访问虚拟IP地址来访问数据库集群。

数据库集群与单个数据库服务器相比具有以下优势:

(1)高性能性^[4]:与单一的数据库服务器相比,能够对用户的访问起到分流作用,将访问用户按照设置的负载均衡算法分配到数据库集群中的每台节点机上,从而减少单个节点机数据库的访问量,以此来提高数据库的整体性能;

(2)高可靠性^[4]:如果数据库集群中单个数据库或单个服务器出现异常,用户的访问将会被分配至其他的节点机上,不会因数据库集群中单个节点机的故障而受到影响。同时,单个节点机的故障也不会对数据库集群产生太大影响,数据库集群仍然能够正常工作,访问、查询等操作不会出现中断;

(3)易扩展性^[4]:当对数据库集群性能要求提高后,通过负载均衡设置,可以添加新的数据库服务器到数据库集群的资源池中,进行相关负载均衡配置后,便可完成数据库集群的扩展。通过简单的配置,即可增加数据库集群的性能。

通过使用数据库集群来代替单一的数据库服务器,伴随着数据库集群中节点机个数的增加,通过负载均衡对访问用户进行负载分流,降低每个节点的访问量,降低数据库集群的压力,提高数据库集群的性能和稳定性。数据库集群、负载均衡设备及数据库用户之间的关系如图1所示。

4 数据库负载均衡

数据库负载均衡通过深信服AD负载均衡设备来实现,具体设置如下:

(1)登录深信服AD负载均衡管理网页,在应用负载的服务中,新建SQL服务,端口号设为1433;

(2)在应用负载的IP组中,新建IP组,将一个空闲的IP地址赋给该新建的IP组,作为数据库集群负载均衡的虚拟IP;

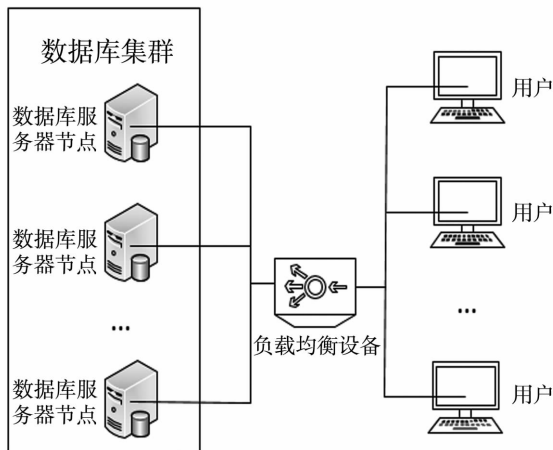


图1 数据库集群、负载均衡设备及数据库用户之间的关系

Fig.1 The relationship of database cluster, load balancing device and database users

(3)在应用负载的节点池中,新建节点池,节点选择策略选择“轮询”,会话保持选择“Source IP”,节点状态监视器选择“Connect_tcp”,编辑节点,添加需要加入数据库集群的节点机的IP地址,将节点池中节点机的端口号都设为1433;

(4)在应用负载的虚拟服务中,新建虚拟服务,负载模式选择“4层”,服务选择(1)中新建的服务,IP组选择(2)中新建的IP组,默认节点池选择(3)中新建的节点池。

通过以上4步,完成数据库负载均衡配置,使用新建的虚拟IP,通过SQL Server Management Studio进行登录,便可实现对节点池中节点机数据库的负载均衡访问。

当需要新增数据库服务器节点机至数据库集群中来减小数据库访问压力及提高数据库集群性能时,只需将要增加的数据库服务器节点机的IP地址加入数据库集群的节点池中,便完成数据库集群的扩展,操作简单便捷。

4.1 节点选择策略

节点池中的节点选择策略,是数据库集群负载均衡策略,即用户访问时如何被分配至不同节点池中节点机上的负载均衡策略。节点选择策略主要有以下7种,负载均衡策略各不相同,具体如下^①:

(1)轮询策略:表示逐个访问节点池中的有效节点,对数据库访问起到依次安排对节点池中节点机的访问,达到负载均衡访问目的;

(2)加权轮询:通过节点设置中的权重设置,按

照节点权重比例,来返回有效节点,达到负载均衡访问目的;

(3)加权最少连接:通过节点设置中的权重、对当前节点的连接数进行加权计算,返回有效节点来进行访问,达到负载均衡访问目的;

(4)最快响应时间:通过探测响应时间返回的探测时间,对返回探测时间最短的有效节点进行访问,达到负载均衡访问目的;

(5)动态反馈:通过SNMP(simple network management protocol,简单网络管理协议)的监视结果、节点监视器中SNMP类型的CPU权重、内存权重、磁盘权重加权计算后的结果,返回有效节点,达到负载均衡访问目的;

(6)哈希:根据哈希的关键字(如URL、HOST等)通过哈希运算,得到哈希值,尽可能平均调度节点池中各个节点,达到负载均衡访问目的;

(7)优先级:会优先调度优先级高的节点,只有当优先级高的节点不可用时,才会调度到下一级节点,达到负载均衡访问目的。

通过对各种节点选择策略的比较,这里选择“轮询”作为节点池中的节点选择策略,从而使每台数据库集群节点机获得相对平均的用户访问,达到使数据库访问用户平均分流至每台数据库集群的节点机上,减轻数据库服务器的压力。

4.2 会话保持

节点池中的会话保持,是指在一些应用中,客户端(即同一用户)与服务器需要通过多次的交互才能够完成一次任务处理。由于这些交互过程是紧密相连的,因此,同一用户的相关应用请求,通常需要转发到同一台服务器上才能够完成一次任务,不能被负载均衡设备转发至不同的节点服务器上进行处理。为实现这一功能,就要在负载均衡设备上配置相应的会话保持机制,来确保同一用户与服务器之间的交互不会因为部署负载均衡设备而将一次任务的多个请求分配至不同的节点机上。会话保持策略有以下2种^①:

(1)Source IP:该会话保持利用客户端的源地址信息,负载均衡会将所有来源于相同源的IP地址连接,认为是相同的客户端(即同一用户),并将这些连接转发至相同的节点中进行处理,从而实现会话保持功能;

(2)Cookie:通过利用HTTP协议中的Cookie功能,如果客户端(即同一用户)的请求中带有负载均

① 深信服科技. AD5.2 用户手册

衡设置的 Cookie 信息,负载均衡设备就会根据 Cookie 信息来选择服务器节点,从而实现会话保持功能。

本文选择“Source IP”作为会话保持策略,使得相同 IP 地址的用户对数据库的访问具有连续性,避免因数据同步时不同节点机中数据不一致,导致用户分析数据时出现错误。

4.3 负载模式

负载模式又分为 4 层和 7 层,4 层主要是通过分析 IP 层和 TCP/UDP 层,从而实现 4 层流量的负载均衡;7 层除了支持 4 层负载均衡以外,还具备分析应用层信息的功能,如 HTTP 协议 URI(统一资源标识符)或 Cookie 信息等^②。对于数据库集群的负载均衡,4 层负载模式即可满足需求,没有分析应用层信息的必要性,因此这里负载模式选择“4 层”。

5 数据库数据同步的实现

本文中负载均衡策略采用轮询节点策略,使用虚拟 IP 访问数据库时,将通过轮询的方式依次访问节点池中各节点机的数据库。为方便用户查询、分析数据,必须做到各节点机的数据库表中的实时数据及时同步。现阶段有 2 种数据同步方案:同时向所有节点机推送资料,每台节点机独立完成数据入库工作;选择其中 1 台节点机推送资料入库,通过 SQL 数据库自带的“发布订阅”功能,入库节点机发布实时数据表,其它节点机向入库节点机订阅该表,从而实现数据同步。

在大量数据文件长时间入库时,很容易发生入库软件卡死状况,如果采取第一种方案将加大维护的工作量。因此,对数据库的同步采用第二种同步方案,即通过 SQL 数据库自带的“发布订阅”功能,实现数据库之间的数据同步。

5.1 数据库发布

作为发布数据的服务器,登录时需要使用服务器名称来登录 SQL 数据库,在“资源管理器/复制/本地发布”中,选择“新建发布”,建立快照文件夹,选择要发布的数据库,选择发布类型为“快照发布”,选择要发布的对象即需要数据同步的表,按照业务需求更改快照代理时间间隔,设置安全性配置时,选择以 SQL Server 登陆名进行登录,最后填写“发布名称”,至此数据库发布完成。

由于国家自动气象站和区域自动气象站小时数据在每小时的 5—15 min 内完成入库,数据入库是

在特定时间内完成的,且规模较大,因此发布模式选择快照发布,并设置快照代理时间为每天每小时的 15 min 进行。

在建立发布时需要注意以下事项:

(1) 登录名必须用服务器名称,若使用 IP 地址登陆将无法建立发布;

(2) 使用超级管理员账户(sa 账户)登录数据库,进行数据库发布,以获得最高权限;

(3) 快照文件夹需要共享。

5.2 数据库订阅

在发布服务器上,使用服务器名称登录 SQL 数据库,在“资源管理器/复制/本地发布”中,刷新后找到已经完成的发布名称,右键单击进行“新建订阅”,选择已经发布的服务器名称,在发布代理中选择“推送订阅”,添加订阅的服务器,在登陆订阅服务器时,依然使用服务器名称及 sa 账户来登陆,完成对发布数据库表的订阅。因为数据发布是快照发布,因此在订阅设置时,选择“推送订阅”。

6 基于负载均衡数据库集群的测试

为证实基于负载均衡的数据库集群相比单一服务器数据库能够承受更多的并发访问用户,进行压力测试。为模拟多用户并发访问和测试效果的准确性,使用常用的数据库压力测试软件“SQL Query Stress”进行测试。

国家自动气象站和区域自动气象站小时数据库表(tabtimedata)通过 SQL 数据库“发布订阅”功能在集群节点池中的 2 台数据库服务器上同步,保证 2 个节点数据库服务器上的 tabtimedata 表中数据完全一致。由于“SQL Query Stress”软件并发用户数上限为 200,为测得数据库所能承受并发访问用户的上限,在测试时需同时开启多个窗口测试,每个窗口设置并发用户数为 200,每个用户查询重复次数为 10 次,则查询总量为并发用户数乘以查询重复次数($200 \times 10 = 2\,000$ 次)。查询语句模拟台站日常查询需求:“select * from tabtimedata where stationnum = '52418' order by observtimes”,即查询数据库中 52418 站的数据,并按照时间进行排序。测试时间选择在 00:00—02:00(北京时)进行,避开其他用户访问数据库及数据入库时间。

6.1 单一服务器数据库与基于负载均衡数据库集群并发用户访问测试比较

对第 1 台节点服务器数据库进行并发用户数量

② 深信服科技. AD5.2 用户手册

测试,逐渐增加并发用户数量,增加至 1 400 时,均无查询出错,当并发用户数量增加到 1 600 时,开始出现查询出错。对第 2 台节点服务器数据库进行并发用户数量测试,出现同样现象。对单一服务器数据库来说,并发用户数量为 1 400 时查询无出错现象,并发用户数量为 1 600 时开始出现查询出错,可见并发用户数量为 1 400 时是单一服务器数据库性能的拐点,在此基础上增加并发用户数量,出现查询出错现象,数据库性能开始下降,因此将 1 400 设定为单一服务器数据库所能承受的并发用户数量的阈值。将并发用户数量设为 1 600,对 2 台节点机分别进行 3 次测试,测试结果见表 1。

对基于负载均衡的数据库集群进行并发用户数量测试时,将并发用户数量也设定为 1 600。由于负载均衡的会话保持中设置为“Source IP”,该会话保持利用客户端的源地址信息,负载均衡会将所有来源于相同源的 IP 地址连接,认为是相同的客户端(即同一用户),并将这些连接转发至相同的节点中进行处理。因此需要在 2 台不同 IP 地址的电脑上同时展开测试,且 2 台电脑的并发用户数量要相同,

才能使并发用户访问平均分流至每台节点机数据库中。对数据库集群进行 3 次测试,测试时 2 台电脑并发用户数量均设定为 800,则 2 台电脑的并发用户数量总和为 1 600,每次测试时 2 台电脑同时进行模拟查询,测试结果见表 1。

通过上述测试,可以看出,在并发用户数均为 1 600、查询总量均为 16 000 次的相同条件下:

(1)单一服务器数据库(第 1 台节点机和第 2 台节点机)6 次测试均出现查询出错,查询出错总数为 10 624 次,平均查询出错数 1 771 次,而基于负载均衡的数据库集群 3 次测试均无查询出错现象,由此可看出基于负载均衡的数据库集群的稳定性要强于单一服务器数据库;

(2)单一服务器数据库 6 次测试查询总耗时平均为 1 005 s,基于负载均衡的数据库集群 3 次测试查询总耗时平均为 465 s,数据库集群比单一数据库查询总耗时快一倍多,因此基于负载均衡的数据库集群的效率要高于单一服务器数据库。

所以相同条件下,基于负载均衡的数据库集群比单一服务器数据库稳定性更强、效率更高。

表 1 单一服务器数据库与基于负载均衡数据库集群并发用户访问测试

Tab. 1 The visit test of thread clients count for single server database and database cluster based on load balancing

测 试	并发用户数量	查询总量/次	查询出错数量/次	查询总耗时/s
第 1 台节点机第 1 次测试	1 600	16 000	662	1 560
第 1 台节点机第 2 次测试	1 600	16 000	9	876
第 1 台节点机第 3 次测试	1 600	16 000	223	837
第 2 台节点机第 1 次测试	1 600	16 000	6 148	957
第 2 台节点机第 2 次测试	1 600	16 000	1 776	862
第 2 台节点机第 3 次测试	1 600	16 000	1 806	936
数据库集群第 1 次测试	1 600	16 000	0	466
数据库集群第 2 次测试	1 600	16 000	0	462
数据库集群第 3 次测试	1 600	16 000	0	467

6.2 基于负载均衡数据库集群并发用户数量压力测试

本文中基于负载均衡的数据库集群由 2 台数据库服务器组成,理论上来说,其承载的并发用户数量应为构成该数据库集群的节点服务器数据库承载的并发用户数量之和。为测试其效果,对数据库集群进行逐渐增加并发用户数量的压力测试,由于负载均衡的会话保持中设置为“Source IP”,测试时需要在 2 台电脑上同时进行,每个软件的并发用户数量为 200,因此每次测试增加的并发用户数量为 400,当并发用户数量为 1 600 时,数据库集群查询效果

较好。故此次测试并发用户数量从 2 000 开始,每次增加的并发用户数量为 400,当测试进行到第 4 次时,并发用户数量为 3 200,查询出错数量和查询总耗时明显增大,数据库集群的稳定性和效率明显降低,并发用户数量为 2 800 时,虽然也出现查询出错,但其数量较少,只有 141 次,查询总耗时增长也较为缓慢,具体测试数值详见表 2。因此,将 2 800 作为基于负载均衡的数据库集群正常查询的并发用户数量阈值,与单一服务器数据库正常查询的并发用户数量阈值 1 400 相比较,正常查询情况下的并发用户数量增加了一倍。

表2 基于负载均衡的数据库集群并发用户数量压力测试

Tab. 2 The visit test of thread clients count for database cluster based on load balancing

测 试	并发用户数量	查询总量/次	查询出错数量/次	查询总耗时/s
数据库集群第1次测试	2 000	20 000	0	726
数据库集群第2次测试	2 400	24 000	4	1 044
数据库集群第3次测试	2 800	28 000	141	1 410
数据库集群第4次测试	3 200	32 000	1 026	2 654

7 运行效果检验

现阶段,该数据库集群负载均衡表中数据为甘肃省国家自动气象站、区域自动气象站实时和历史气象观测数据。作为实时气象资料的备份数据库,该表中每日数据量为50 000余条,每小时数据量为2 000余条,数据量相对较大。通过上述对数据库的压力测试和平日数据库的运行状况,可看出数据库的稳定性和效率有明显提高,减缓了数据库访问压力,增加了数据库并发用户访问数量,减少了数据库故障发生率。自2015年4月运行至今,该数据库集群负载均衡运行稳定,数据同步及时完整,保障了汛期实时气象资料对外共享服务,满足了用户对实时历史气象数据的查询需求。

参考文献

- [1] 刘同. 负载均衡技术在数据库集群系统中的应用与实现[D]. 长沙:国防科学技术大学,2009.
- [2] 李佩,祝永志,孙婷婷. 数据库集群的一种负载均衡策略的设计[J]. 电脑知识与技术,2009,5(1):25-26.
- [3] 谢怡,燕彩蓉,彭勤科,等. 数据库集群服务器的设计和管理[J]. 微电子学与计算机,2003,1:1-4.
- [4] 张锋. 数据库集群负载均衡技术的研究[D]. 济南:曲阜师范大学,2010.
- [5] 宣振国. 基于Mysql的数据库集群设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2013.
- [6] 何骏,熊伟,陈幸,等. 基于数据库集群的动态负载均衡研究与实现[J]. 网络与通信,2011,30(2):68-78.
- [7] 殷佳欣,陈驰. 集群数据库系统多指标动态负载均衡方法的设计与实现[J]. 中国科学院研究生院学报,2012,29(1):94-100.
- [8] 王爱新,李强,王春山. 数据库高负载下的数据均衡策略研究与仿真[J]. 计算机仿真,2016,33(3):327-330.

Shared Service of Meteorological Data Based on Database Cluster of Load Balancing

QIAO liang^{1,3}, XU Zhuxia¹, SUN Linhua¹, KONG Xiaoyi¹, QIAO Yamin²

(1. Gansu Provincial Meteorological Information and Technic Support and Equipment Center, Lanzhou 730020, China; 2. Department of Emergency and Disaster Reduction of Gansu Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China; 3. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The real-time meteorological data sharing service of national and regional automatic weather stations in Gansu Province was undertaken by the single database server. When flood season was coming, the users' access became frequently and the query volume increased quickly, so the database table could not access normally, and the real-time data couldn't be put in storage, which was inconvenient to users and brought big trouble for maintenance. Aiming at such situation, this paper synchronized the real-time data to many database servers through load balancing device to organize the database cluster so as to achieve load balancing for access, which achieved user's access shunt to database cluster node on the server to reduce access pressure of a single database server, and could ensure effectiveness and stability of the real-time meteorological data during flood season.

Key words: load balancing; database cluster; data synchronization; real-time meteorological data