

高可用系统中的数据存储优化方案研究

徐秀敏 王汝英 邵祥 闫宏莉 谢鑫

(北京国电通网络技术有限公司 北京 100000)

摘要 高可用系统采用数据存储方式可分为有序存储、无序存储两种,存储方式较为单一,存在存储资源浪费、数据同步效率较低的问题。为解决这些问题,需要在效率、资源之间寻求平衡。文中提出了一种混合存储方案(有序存储+无序存储),在服务器处于不同状态时选择不同的存储方式,实现在服务器稳定态切换时,仅需同步增量有序数据的效果,进而在降低数据存储空间的前提下实现快速的数据同步。

关键词: 高可用系统;服务器状态;稳定态;混合存储

中图分类号 TP274.2

Research on Data Storage Optimization Scheme in High Availability System

XU Xiumin, WANG Ruying, SHAO Xiang, YAN Hongli and XIE Xin

(Beijing Guodian Network Technology Co., Ltd., Beijing 100000, China)

Abstract The data storage methods used in high-availability systems can be divided into ordered storage and unordered storage. The storage methods are relatively simple, and there are problems of waste of storage resources and low data synchronization efficiency. In order to solve these problems, it is necessary to seek a balance between efficiency and resources. This paper proposes a hybrid storage scheme (ordered storage + unordered storage). When the server is in different states, different storage methods are selected to achieve the effect of only synchronizing incremental ordered data when the server is in steady state switching, and then realize fast data synchronization under the premise of reducing data storage space.

Key words High availability system, Server status, Steady state, Hybrid storage

0 引言

高可用系统往往采用多节点存储的方式提升系统可用性,但这会导致存储冗余,且因存储方式的不同,还存在数据同步代价大、对数据通道和同步时长要求过高等问题,影响系统同步效率,使资源消耗过高,降低系统的去中心化能力。有研究学者提出,使用分布式哈希表存储索引,将内容相似的索引相邻存储,搜索时在内容相似的索引附近搜索,以降低存储的冗余性,降低网络负担、缩减资源消耗^[1]。该方案侧重于数据获取,忽略了高可用系统中的数据存储技术。针对于以上问题,本文提出了一种混合存储的数据存储技术,旨在提升高可用系统的数据存储效率,缩减数据存储空间。

1 数据存储技术

提升存储空间利用率,保障数据存储的可靠性,在数据同步过程中快速获取需要同步的目标数据块以及降低需要迁移的数据量一直是数据存储技术关注的重点。有学者以条带为单位放置数据,将数据块到节点的映射转化为条带

到节点组的映射,以减少节点变动过程中的数据同步体量^[2],具有较高的参考价值。

1.1 双机热备系统架构分析

双机备份采用两台服务器,其中一台处于工作状态(即 Active 状态),称为主服务器;一台处于备用状态(即 Standby 状态),称为备用服务器。一旦主服务器停机后,可通过手动切换或故障切换的方式,使备份服务器能继续提供服务,防止用户的数据或业务请求被中断。为保证备用服务器可以被激活进入工作状态,需将主服务器中存储的数据同步至备用服务器,以保证两个服务器的高可用性和数据一致性。

双机热备系统由两台服务器组成,可以将其命名为服务器 1、服务器 2,另外需配备一台控制器,让客户端根据业务需求通过控制器与两台服务器进行数据通信。通常情况下,两台服务器中有一台处于工作状态,另一台处于备用状态(或仅提供读服务),本文以处于备用状态为例进行论述。控制器对两台服务器仲裁状态机进行维护,并通过定时任务监测服务器 1 和服务器 2 的状态,接收服务器返回的状态结果。

作者简介:徐秀敏(1986—),硕士,副高级工程师,研究方向为电力数字化。

1.2 双机热备系统中的数据存储技术分析

1.2.1 两种数据存储方案

在服务器中,数据存储方式可分为有序存储(Ordered storage)和无序存储(Disordered storage)两种模式,能根据需求对存储空间大小、数据同步速度进行权衡,选择其中一种方式作为数据存储方案。在这种存储方式中,服务器的存储方式单一,可能存在同步速度慢、浪费存储空间的问题。其中,无序存储指服务器中记录的数据只有一个版本;有序存储指服务器中记录的数据存在多个版本,需按存储或修改的先后顺序存放。

无序存储方法的数据存储方式简洁,占用空间小,具有存储效率高的特点,但在进行数据同步时无法辨识哪些数据不需要同步,会对所有需要进行全同步,同步效率低。有序存储方法按时间先后记录数据,每条数据存在多个版本,数据中携带顺序属性。在进行数据同步时,其能按备份时间找到备份节点之后发生变化的数据并对其进行同步,具有同步效率高的特点,但数据存储规模较大。

1.2.2 现有存储方案存在的问题及解决思路

现有技术选择单一的存储方式,不对服务器状态进行判断,存储状态不受服务器稳定态切换的影响,可结合应用需求选择优势最大的存储方式(无序存储或有序存储)。这两种存储方式下分别存在如下问题。(1)无序存储的缺点。在无序存储中,服务器中记录的数据只有一个版本,且不记录先后次序,因此在增量同步过程中无法区分哪些数据是没有同步过的,也需要传递大量的数据,会占用大量的传输资源,且数据同步速度较慢。(2)有序存储的缺点。在有序存储中,服务器中记录的数据存在多个版本,且按存储或修改的先后顺序存放。因此,在数据同步过程中,只需要同步上一次同步时间后新增的数据,以提高数据同步效率。但这种存储方式下的数据规模无法控制,数据存储效率较低。

选择单一的存储方式很难规避以上问题,因此本文提出了一种混合存储模式,在两种存储方式间寻求一种平衡,以最大限度地解决数据存储中存在的问题,在同步效率、存储规模间寻求更有效的解决方案。混合存储(Mixing order storage)的模式在作业调度等领域中具有广泛应用,有效解决了在构 Hadoop 集群场景中纠删码和副本存储模式混合使用造成的作业处理效率低下的问题,为实现更加均衡的作业间资源分配提供了解决方案^[3]。本文提出的混合存储方法与现有的作业调度中的混合存储理念存在相似之处,但本文方法主要用于解决有序存储、无序存储间的效率与规模平衡问题。

1.2.3 存储方案选择

双主机服务器的高可用系统一般具有3个稳定态,即单服务器态、主备同步态、主备异步态。对于服务器状态监测、服务器命中率提升等,有很多学者进行了研究,如通过命令方式配置VIP,以自定义服务的方式完成服务器状态监测,并根据服务器状态进行主备服务器切换^[4];基于简单网络管理协议设计的服务器监测系统,可以实现对服

务器内部信息和运行状态的实时监测^[5]。另外,针对边缘服务器面临的传输及负载压力,有研究人员提出了一种区块链辅助的多边缘服务器协作方案,综合考虑了服务器间协作缓存的资源分配、服务器状态及内容流行度的变化,以加强服务器之间的协作缓存,提高服务器的缓存命中率。

1.2.4 存储方案优化分析

在现有的解决方案中,数据采用有序存储或无序存储的方式。为保证主备服务器的数据一致性和高可用性,在主备同步态时需要进行数据实时同步,在单服务器态、主备异步态时,需要进行数据批量同步,但无序存储和有序存储均存在一定的缺陷。因此,本文提出了一种混合存储方案,旨在解决以较快的速度进行双主机服务器间的数据同步的情况下服务器存储空间的最优化问题,在保证双主服务器数据完整性的前提下提高存储空间利用率。该存储方案基本思路如下。(1)根据双机服务器所处的稳定态选择有序存储或无序存储。(2)在双机服务器发生稳定态变换时,相应地改变数据存储方式。(3)在以较快的速度进行数据同步的前提下,尽量优化存储空间。

2 稳定态判断及存储方式选择

双主机服务器系统具有3个稳定态,即单服务器态、主备同步态、主备异步态。因此,首先需要判断主备服务器所处的稳定态,再选择不同的存储方式。服务器状态切换情况如图1所示。

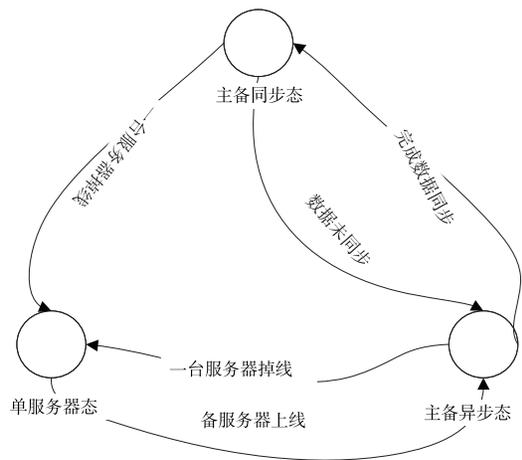


图1 服务器稳定态切换示意图

2.1 单服务器态

若仅有单个服务器在线,则可将数据存储为统一的无序数据。在单服务器态下,且另一台服务器上线后,需要同步全部数据才能保持数据一致性,因此选择无序存储可以减少存储空间占用。

2.2 主备同步态

若主备服务器为同步状态,则可将数据存储为统一的

无序数据。在同步状态下,两台服务器之间不需要进行数据同步,因此选择无序存储可以减少存储空间占用。

2.3 主备异步态

若主备服务器为异步状态,则可选择有序数据作为新增数据的存储方式。在异步状态下,后续需要在两台服务器之间进行数据同步,因此选择有序存储可以快速、高效地完成同步。

3 稳定态变化时存储方式的切换及原理

当双机服务器稳定态发生变化时,原有的存储方式可能无法保证数据的一致性,或存在浪费存储空间的问题。因此,需要根据服务器状态的变化调整存储方式,以寻求存储方案的优化模式。

3.1 同步态进入异步态

若主备服务器由同步状态进入异步状态,则新增数据记录为顺序数据。同步态进入异步态后,需要在两台服务器间进行数据同步,为较快地完成同步,可选择顺序存储方式记录数据。

3.2 单服务器状态进入异步态

若主备服务器由单服务器状态进入异步状态,则新增数据记录为顺序数据。单服务器态进入异步态后,需要在两台服务器间进行数据同步。为较快地完成同步,可以顺序存储方式来记录数据。

3.3 异步态进入单服务器态

若主备服务器由异步态进入单服务器态,则需将顺序数据转存为无序数据。在转存过程中,多版本数据以最新版本为准。进入单服务器态后,无需进行数据同步,因此可选择无序存储。

3.4 异步态进入同步态

若主备服务器由异步态进入同步态,则需要将顺序数据转存为无序数据。在转存过程中,多版本数据以最新版本为准。进入同步状态后,两台服务器进行数据实时同步时不需要在服务器之间进行数据更新,因此可选择无序存储,以减少存储空间占用。

3.5 其他状态切换

(1)同步态进入单服务器态。由于仅有一台服务器,因此无需改变存储方式,仍保持无序存储方式即可。(2)单服务器态进入同步态。由于两者状态同步,因此无需改变存

储方式,仍保持无序存储方式即可。不同稳定态下的数据存储方式如表1所列。不同稳定态切换时采取的不同存储方式如表2所列。

表1 不同稳定态下的存储方式

序号	当前状态	当前存储方式
1	单服务器态	无序存储
2	同步态	无序存储

表2 服务器稳定态变化下的存储方式

序号	原始状态	当前状态	原存储方式	当前存储方式
1	同步态	主备异步态		有序存储
2	单服务器态	主备异步态		有序存储
3	主备异步态	单服务器态	有序存储	无序存储
4	主备异步态	同步态	有序存储	无序存储
5	同步态	单服务器态	无序存储	无序存储
6	单服务器态	同步态	无序存储	无序存储

4 结语

本文分析了现有服务器存储技术中涉及的两类常见存储方式,综合分析了有序存储、无序存储的优缺点,提出了一种混合存储的模式设计,以结合服务器同步状态来动态调整存储方式。一方面,在主备服务器处于不同状态时,可分别选择不同的存储方式;另一方面,主备服务器在进行稳定态切换时,也可随之切换存储方式。另外,本文提出的数据存储方案虽有效降低了数据存储的资源消耗,但并未改变数据存储的本质。未来,随着DNA等新兴存储技术的发展,数据存储领域还会进一步发展,以更好地保障数据的安全性和一致性。

参考文献

- [1] 石秋城,周喜,王轶.基于去中心化索引的IPFS数据获取方法研究[J].计算机工程与应用,2022,58(3):83-90.
- [2] 魏征,窦禹,高艳珍,等.一种基于条带的一致性散列数据放置算法[J].计算机研究与发展,2021,58(4):888-903.
- [3] 杨振宇,牛天洋,吕敏.混合存储模式下MapReduce作业调度[J].计算机系统应用,2023,32(3):70-85.
- [4] 王惟一.Windows下用VIP实现高可用[J].网络安全和信息化,2023(8):75-78.
- [5] 尤国华,高东.校园网服务器监测系统设计与开发[J].福建电脑,2023,39(6):97-101.