

# AISWare Database

亚信科技分布式关系型数据库 V5.0

产品白皮书

---

**AISWare Database** 是由亚信科技自主研发的通用企业级分布式关系型数据库，基于云原生分布式架构，实现了电信级的可靠性及数据一致性，拥有自主知识产权。具备数据强一致性，在线水平扩展，高性能、高可用，高度兼容SQL标准的特点。帮助客户构建云原生分布式架构转型能力，为大型企业客户提供自主可控的分布式数据库解决方案。

# 声明

任何情况下，与本软件产品及其衍生产品、以及与之相关的全部文件（包括本文件及其任何附件中的全部信息）相关的全部知识产权（包括但不限于著作权、商标和专利）以及技术秘密皆属于亚信科技（中国）有限公司（“亚信”）。

本文件中的信息是保密的，且仅供用户指定的接收人内部使用。未经亚信事先书面同意本文件的任何用户不得对本软件产品和本文件中的信息向任何第三方（包括但不限于用户指定接收人以外的管理人员、员工和关联公司）进行开发、升级、编译、反向编译、集成、销售、披露、出借、许可、转让、出售分发、传播或进行与本软件产品和本文件相关的任何其他处置，也不得使该等第三方以任何形式使用本软件产品和本文件中的信息。

未经亚信事先书面允许，不得为任何目的、以任何形式或任何方式对本文件进行复制、修改或分发。本文件的任何用户不得更改、移除或损害本文件所使用的任何商标。

本文件按“原样”提供，就本文件的正确性、准确性、可靠性或其他方面，亚信并不保证本文件的使用或使用后果。本文件中的全部信息皆可能在没有任何通知的情形下被进一步修改，亚信对本文件中可能出现的任何错误或不准确之处不承担任何责任。

在任何情况下，亚信均不对任何因使用本软件产品和本文件中的信息而引起的任何直接损失、间接损失、附带损失、特别损失或惩罚性损害赔偿（包括但不限于获得替代商品或服务、丧失使用权、数据或利润、业务中断），责任或侵权（包括过失或其他侵权）承担任何责任，即使亚信事先获知上述损失可能发生。

亚信产品可能加载第三方软件。详情请见第三方软件文件中的版权声明。

## 亚信科技控股有限公司（股票代码：01675.HK）

亚信科技创立于1993年，依托产品、服务、运营和集成能力，为电信运营商及其它大型企业客户提供业务转型及数字化的软件产品及相关服务，致力于成为大型企业数字化转型的赋能者。

根据弗若斯特沙利文的资料，我们是中国电信行业最大的电信软件产品及相关服务供应商，按2017年收益计，我们的市场份额为25.3%。根据同一资料来源，我们也是中国电信行业最大的BSS软件产品及相关服务供应商，按2017年收益计，我们的市场份额为50.0%。我们是中国第一代电信软件的供应商，从20世纪90年代开始与中国移动、中国联通和中国电信长期合作，支撑全国超过十亿用户。与电信运营商的长期合作关系让我们对电信运营商的IT及网络环境以及业务运营需求有了深度理解，使我们能够开发出拥有500多种任务关键型电信级软件的丰富的产品组合（软件产品主要面向电信运营商，对其业务运营至关重要），包括客户关系管理、计费账务、大数据、物联网及网络智能化产品。截至2018年12月31日，我们有214家电信运营商客户，包括中国移动、中国联通和中国电信的总部、省级公司、地市级公司、专业化公司和合营企业。

我们也正在积极拓展在中国非电信企业软件产品及相关服务市场的市场份额。凭借我们在电信软件产品及相关服务市场丰富的行业知识及专长及稳固的领导地位以及全方位、高度专业化的电信级产品图谱，我们相信我们也已经就解决各类企业，尤其是大型企业在业务转型与数字化方面与电信运营商相类似的、最为根本的需求占据了有利地位。截至2018年12月31日，我们有38家广电、邮政及金融、电网、汽车等行业的大型企业客户。通过资源、管理、专业知识及技术专长的共享，我们能够同时服务电信和非电信企业市场，凭借协同效应赢取新业务并保持竞争优势。

### 部分企业荣誉资质

ISO 9001质量管理体系认证

国家规划布局内重点软件企业

ISO 20000IT服务管理体系认证

2018年中国软件业务收入前百家企业前20强

信息系统集成及服务资质（一级）

2018年中国电子信息行业社会贡献500强

CMMI 5级（能力成熟度模型集成5级）认证

2018年中国电子信息研发创新能力50强企业

## 目录

一. 摘要 .....	5
二. 缩略语与术语解释 .....	6
三. 产品概述 .....	8
3.1 趋势与挑战 .....	8
3.2 产品定位 .....	8
四. 技术介绍 .....	9
4.1 亚信数据库AIDB产品整体架构 .....	9
4.2 产品功能架构 .....	10
4.3 关键技术能力 .....	9
4.3.1 线程池+协程模型 .....	11
4.3.2 高并发区间索引 .....	11
4.3.3 动态rehash算法 .....	12
4.3.4 多版本并发控制 .....	13
4.3.5 Raft协议优化 .....	13
4.3.6 RDMA高速网络 .....	14
4.3.7 分布式事务 .....	15
五. 功能介绍 .....	16
5.1 基础功能 .....	16
5.2 特色功能 .....	19

## 目录

5.2.1	原生分布式.....	19
5.2.2	多存储引擎并存.....	19
5.2.3	自动化扩缩容.....	19
5.2.4	电信级高可用.....	20
5.2.4	可视化监控与告警.....	20
六.	场景应用方案.....	21
8.1	电信行业核心系统.....	21
8.2	电子商务实时交易类场景.....	22
8.3	金融行业联机交易类场景.....	22
8.3	证券行业实时行情与实时交易类场景.....	22
七.	带给客户价值.....	23
八.	产品优势.....	24
九.	联系我们.....	25

## 一. 摘要

随着社会的发展，5G的商用以及人类社会进入万物互联的时代，数据量、并发数将爆炸增长，数据处理的响应时间要求更短。

根据中国信通院的调研，2020年我国数据库市场规模达240.9亿元，占全球数据库市场规模的5.2%，未来将继续保持增长，预计到2025年我国数据库市场规模将达到688.02亿元，占全球数据库市场规模有望达到13.35%。国产数据库概念的火热与应用需求的多样化带动了技术变革，国内外各路资本纷纷注入数据库产业，形成“百舸争流”的旺盛态势。

数据库是连接应用与数据的关键基础设施，涉及到数据的产生、存储与消费。应用的可用性、高性能、弹性伸缩等质量属性很大程度上依赖于数据库的这些关键特性。电商、电信、金融、证券等各行各业的IT系统对数据库的要求越来越高，传统关系型数据库面临的挑战越来越大。分布式数据库在性能方面具有先天优势，而单节点数据库，无论是容量还是可靠性、可扩展性都不满足要求，因此建设新一代分布式关系型数据库势在必行。

过去几年的合作案例表明，随着自主研发分布式技术的日渐成熟，不断在大型企业核心系统中进行应用、优化与完善，AISWare Database帮助客户进行企业数字化转型改造、国产数据库替代时，在可靠性、高性能与水平在线扩展等方面的优势越来越明显。

本白皮书将从产品概述、技术架构，主要功能、客户价值、产品优势等几个方面阐述亚信数据库AISWare Database产品。

[返回目录](#)

## 二. 缩略语与术语解释

缩略语或术语	英文全称	解释
AIDB	AISWare Database	亚信数据库
2PC	Two Phase Commitment Protocol	两阶段提交协议
MVCC	Multi-Version Concurrency Control	多版本并发控制
ACID	Atomicity、Consistency、Isolation、Durability	数据库事务正确执行的四个基本要素的缩写
RDBMS	Relational Database Management System	关系数据库管理系统
OLTP	Online Transactional Processing	在线事务处理
OLAP	Online Analytical Processing	在线分析处理
CRUD	Create,read,update and delete	增删改查

## 二. 缩略语与术语解释

缩略语或术语	英文全称	解释
DQL	Data Query Language	数据查询语言
DML	Data Manipulation Language	数据操作语言
DDL	Data Definition Language	数据定义语言
DCL	Data Control Language	数据控制语言
TCL	Transaction Control Language	事务控制语言
UDF	User Defined Function	用户自定义函数

## 三. 产品概述

AISWare Database（亚信数据库AIDB）是由亚信科技自主研发的分布式关系型数据库，产品提供高并发、低延迟的分布式数据存储与在线事务处理能力，数据访问对上层应用完全透明，极大提升研发生产效率。同时高度兼容MySQL，打造简单易用的数据库工具集与智能运维管理。面向各行业提供满足大型企业数字化运营与分布式架构需求的数据管理解决方案。

### 3.1. 趋势与挑战

近年来，随着 5G、云计算、人工智能、物联网等新技术的发展，使得海量数据传输与联机事务处理成为各行业数字化、网络化、智慧化发展的迫切需要。而核心技术、关键零部件、各类软件的自主可控，成为企业、政府及公共服务保障网络安全、信息安全的重要前提，也给数据库基础软件的国产化发展带来了前所未有的机遇。

分布式架构的改造已成为企业数字化转型的关键。超大规模的数据给数据库的数据处理能力带来冲击，传统架构的数据库已无法满足行业业务发展的需要。相比传统架构，分布式架构具有更高的并发和更低的延迟。分布式中间件虽然部分地解决了这个问题，但也带来了不少问题。现在的关系型数据库都在向云原生分布式架构演进，以应对高可用、水平可扩展、分布式事务等挑战。

### 3.2. 产品定位

AISWare Database（亚信数据库AIDB）旨在建设成一款业内领先的高可用、高性能的分布式关系型数据库。至今已成功应用于中国移动、中国电信、中国联通等核心业务系统，在中移辛姆巴科有限公司(巴基斯坦)、泰国AIS电信、尼泊尔电信、丹麦Telenor等客户中广泛商用，除了运营商，也可以应用在能源、交通、金融、证券、电商、互联网等行业的实时交易、联机交易、实时行情类业务场景。

## 四. 技术介绍

### 4.1. 亚信数据库AIDB产品整体架构

AISWar Database 采用了具有自主知识产权的云原生分布式架构，实现了在线弹性伸缩，和分布式事务ACID特性；100%兼容MySQL协议，拥有成熟的生态工具产品；同时实现了在普通PC服务器集群上的极致性能。具有金融级数据强一致、高可用、高性能、平滑扩展、支持95%的SQL2016标准、智能可视化运维等特点。

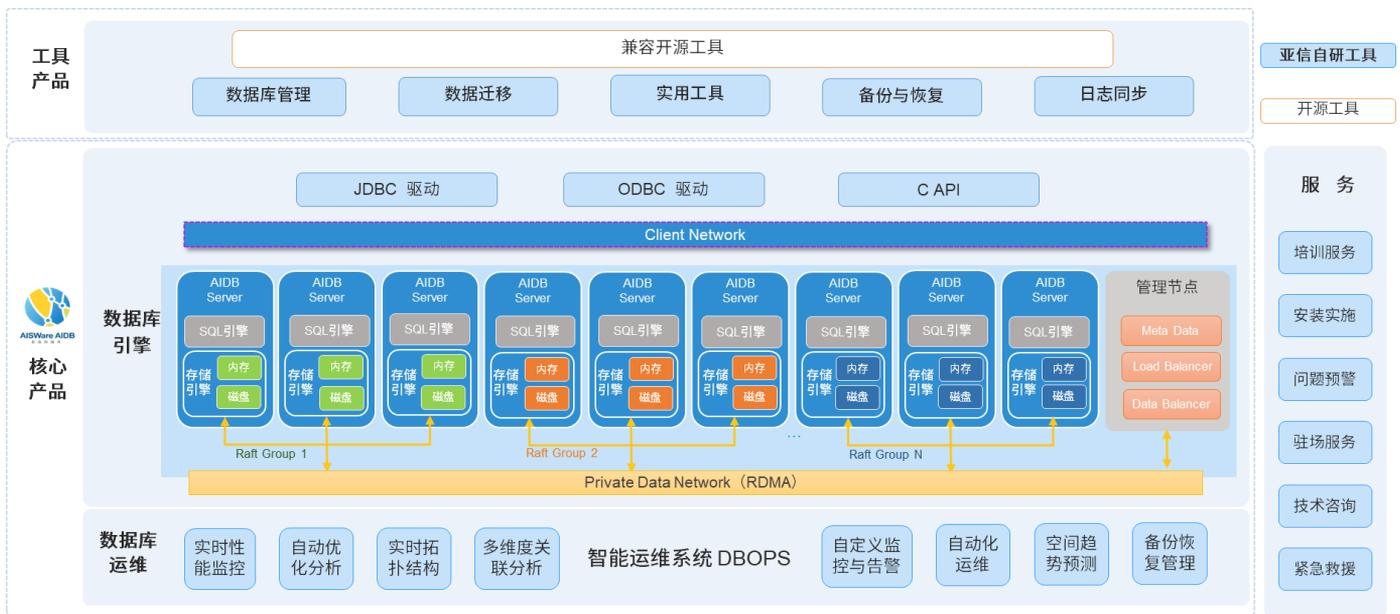


图1 AISWare Database 产品整体架构

- 优化的驱动层，具备链接重定向能力，负责与整个集群的链接。
- 管理节点，同样是一个Raft集群，通过多副本保障管理节点的高可用。负责集群的数据分布策略，各节点压力负载。
- 数据分片 (Raft Group)，数据分片内可配置多副本，副本间以Raft协议保障高可用强一致性
- 服务节点，Active-Active架构，包含独立的SQL引擎，北向多活
- 集群内RDMA互联

## 4.2. 产品功能架构

亚信数据库AIDB如图1所示，由五个部分组成，即各种开发语言的驱动、SQL处理层、分布式执行器、存储引擎以及管理与工具。

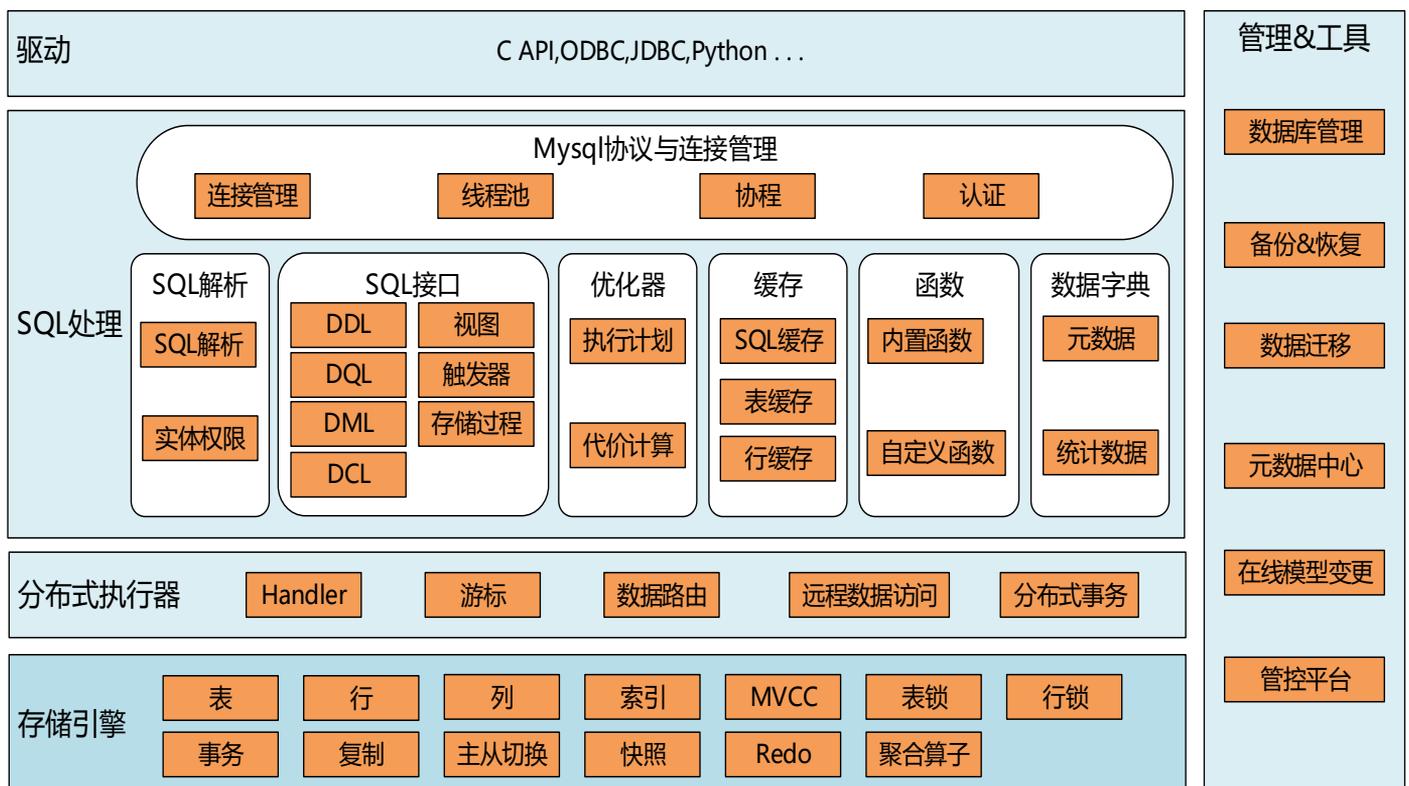


图2 AISWare Database 功能架构

- 驱动：数据库与各种开发语言的应用程序设计接口，它为应用程序与数据库建立了一条通信的渠道。
- SQL处理：负责SQL解析、优化与执行。
- 分布式执行器：提供数据路由、远程数据访问、分布式事务控制等功能。
- 存储引擎：数据库管理系统的一个模块，提供单表数据的CRUD操作功能以及事务管理功能。
- 管理与工具：数据库的生态系统。

## 4.3. 关键技术能力

### 4.3.1 线程池+协程模型

传统的数据库服务端处理模型一般采用单连接单线程或者单连接单进程模式，这种模式服务端会占用很多的系统资源，并且上下文切换高，支持不了超大并发量（如10万以上的并发量）。AISWare Database通过引入线程池+协程的模型可以支撑百万级的连接数。

**线程池：**线程池是一种通用的技术，通过预先创建一定数量的线程，当有请求达到时，线程池分配一个线程提供服务，请求结束后，该线程又去服务其他请求。相比一个客户端连接一个线程的模式，系统资源的占用更少并具有更高的吞吐量。

**协程：**协程相对于线程来说，在上下文切换时，不需要内核参与，并且可以由应用层代码自己控制切换的时机，AISWare Database 会为每个客户端连接分配一个协程，一一对应。与线程池配合使用可以进一步解决线程池模式引起的线程数量抖动、死锁等问题。

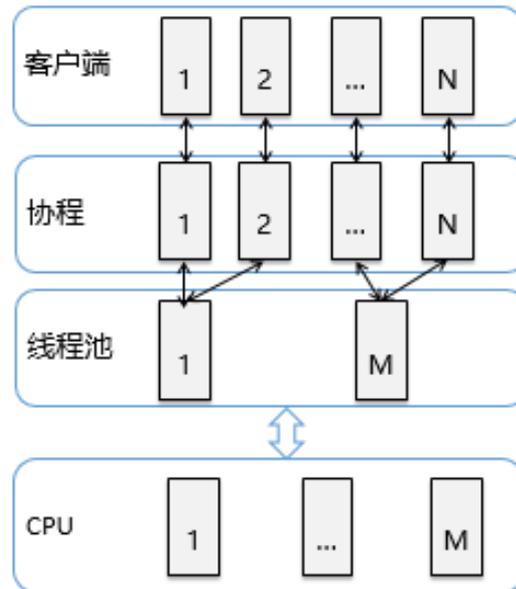


图3 线程池/协程模型

### 4.3.2 高并发区间索引

AISWare Database区间索引采用改良的B-Link-tree算法，读写并发，修改btree时不用锁住整颗树，不用锁住从根节点到叶子节点的完整路径，大大提供区间索引访问的并发性能，同时，节点合并回收功能尽量减少对内存的占用。如果需要同时持有多把锁，节点访问的加锁顺序为：从左至右，从上至下。同一时刻最多同时持有3个节点的锁。

[返回目录](#)

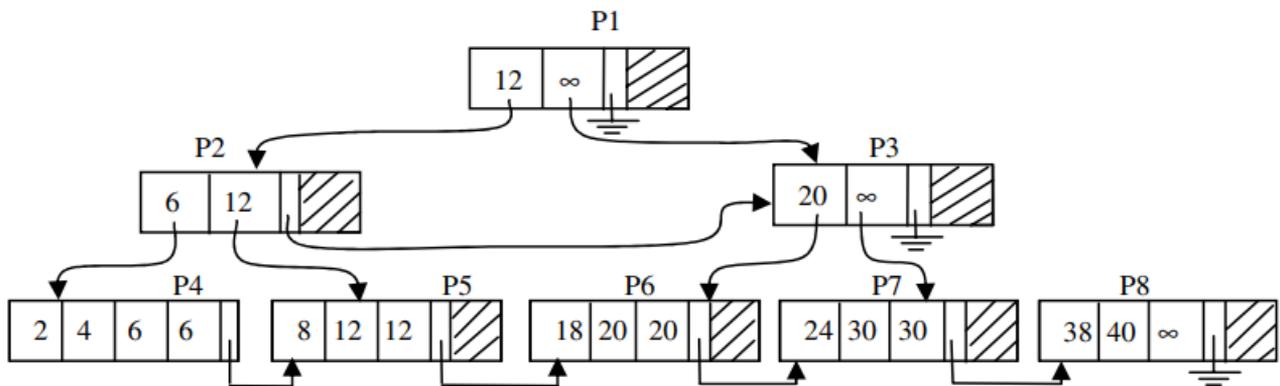


图4 B-Link-tree算法

### 4.3.3 动态rehash算法

Hash索引结构相比Btree,其检索效率高,索引的检索可以一次定位。在以索引键等于某个Key为条件检索时,时间复杂度为 $O(1)$ ,但是随了数据量的增加,索引冲突的概率也会逐渐增大。AISWare Database针对这个问题通过hash桶的数量随着数据量的变化而动态变化的方式进行解决,具体采用动态reshash算法。

动态rehash算法:当使用Hash索引时,表扩容时动态逐步扩展hash索引空间,通过增加hash桶个数,减少hash冲突,使得hash算法性能保持线性,不因数据行的增多而降低;同时采用逐步rehash的算法避免rehash引起的锁表, rehash过程中不影响数据访问。

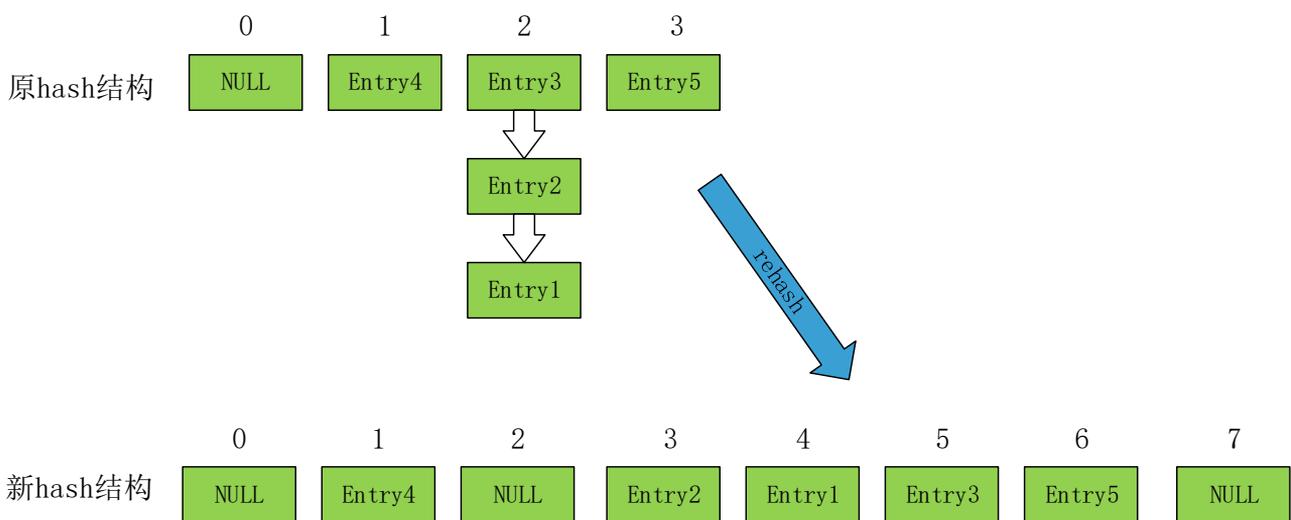


图5 动态rehash算法

### 4.3.4 多版本并发控制

大多数事务型数据库都是通过MVCC来提升数据的并发访问，MVCC可以实现读、写事务相互隔离，读事务不需要加锁，从而最小化锁竞争。AISWare Database自主实现的多版本并发控制协，在大并发更新场景下，相比Mysql/PostgreSQL MVCC实现中的取活跃事务列表算法有更好的性能表现。

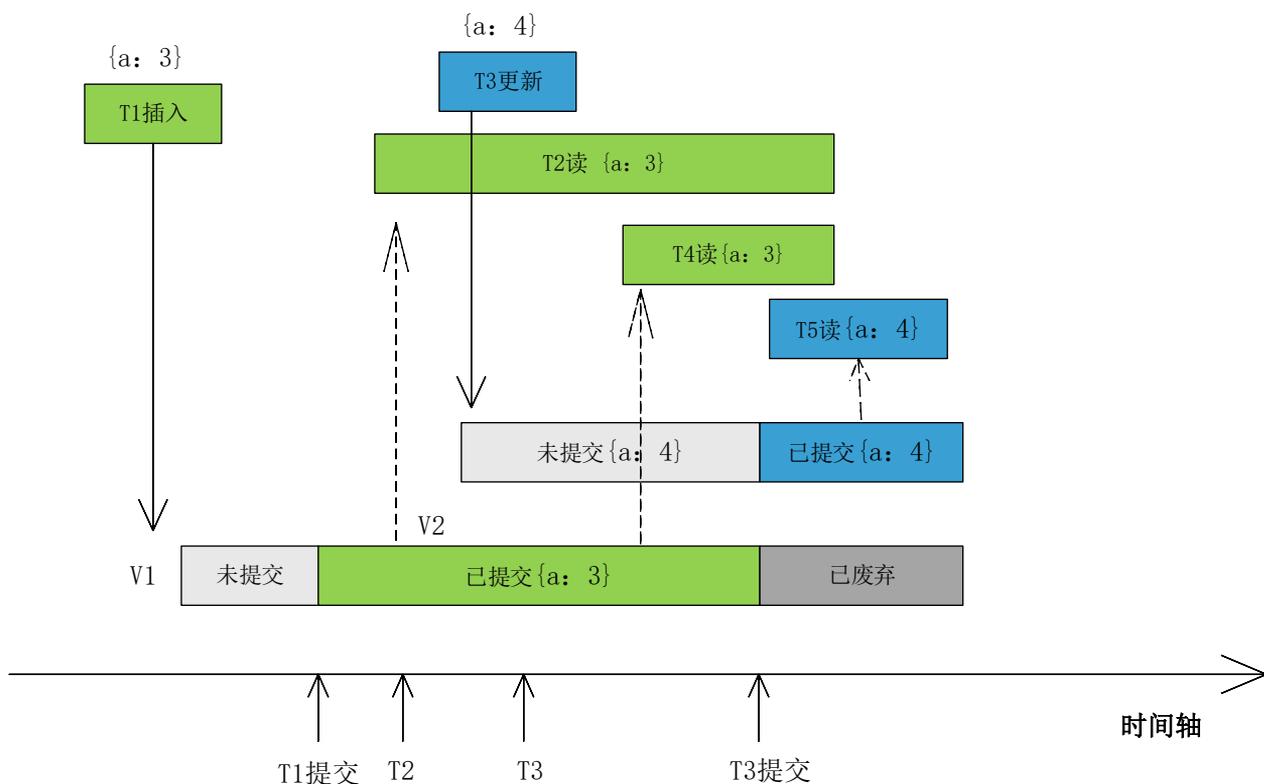


图6 多版本并发控制算法

### 4.3.5 Raft协议优化

AISWare Database 通过Raft协议保证分布式强一致性，具体实现时在很多环节进行了精细优化，比如无锁任务队列、log 的批量提交和执行，以及一些逻辑原地执行等，从而保证了AIDB日志复制的高性能。

[返回目录](#)

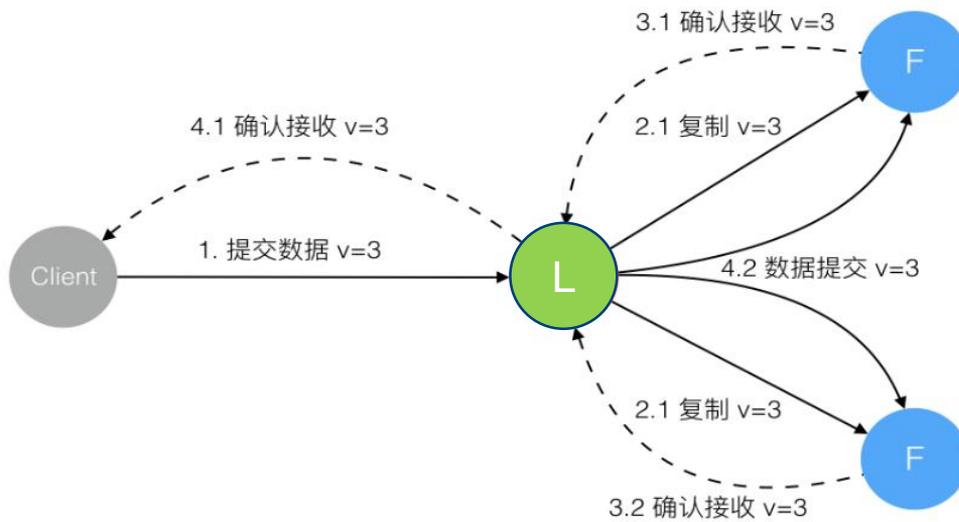


图7 Raft优化

### 4.3.6 RDMA高速网络

AISWare Database 分布式集群内部可配置使用RDMA的通信模式。主从事务binlog日志复制、主从选举、心跳，跨节点数据访问，管理中心节点和AIDB节点之间心跳、数据下发、数据上报等通信全部采用RDMA的方式，利用RDMA的零拷贝(Zero-copy)、内核旁路(Kernel bypass)、无CPU干预(No CPU involvement)等优势，使用更高带宽、更低延迟的网络来提升分布式数据库性能。

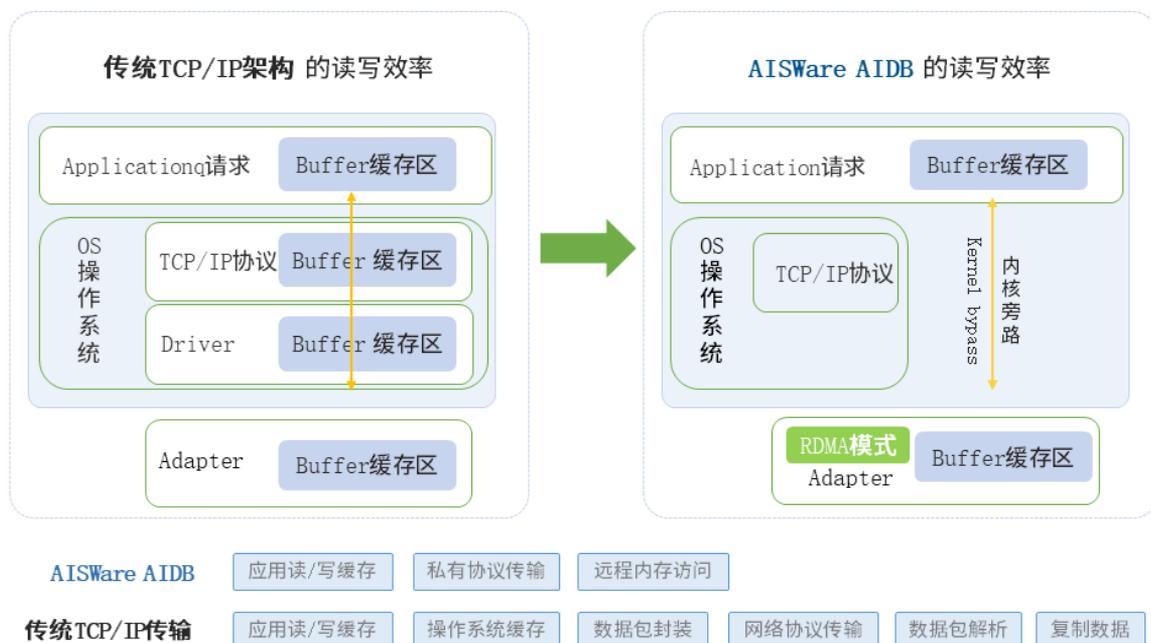


图8 RDMA与传统TCP/IP架构对比

### 4.3.7 分布式事务

分布式事务是分布式数据库领域的一个难点问题，分布式事务的性能很大程度上会影响到整个分布式数据库的性能。AISWare Database一样选择2PC协议解决分布式事务问题，经典2PC协议有两个角色，协调者和参与者，一共需要4次写log，延迟较大。AISWare Database优化了2PC协议，协调者不写日志，只保留内存状态；去掉了协调者两次写log的步骤，并将参与者P2阶段的commit log异步化，大大降低commit延迟；同时因为所有参与者都是高可用的，不会出现经典2PC中协调者宕机卡住的问题。如果是单机事务，AISWare Database会优化为本地事务，进一步降低延时。

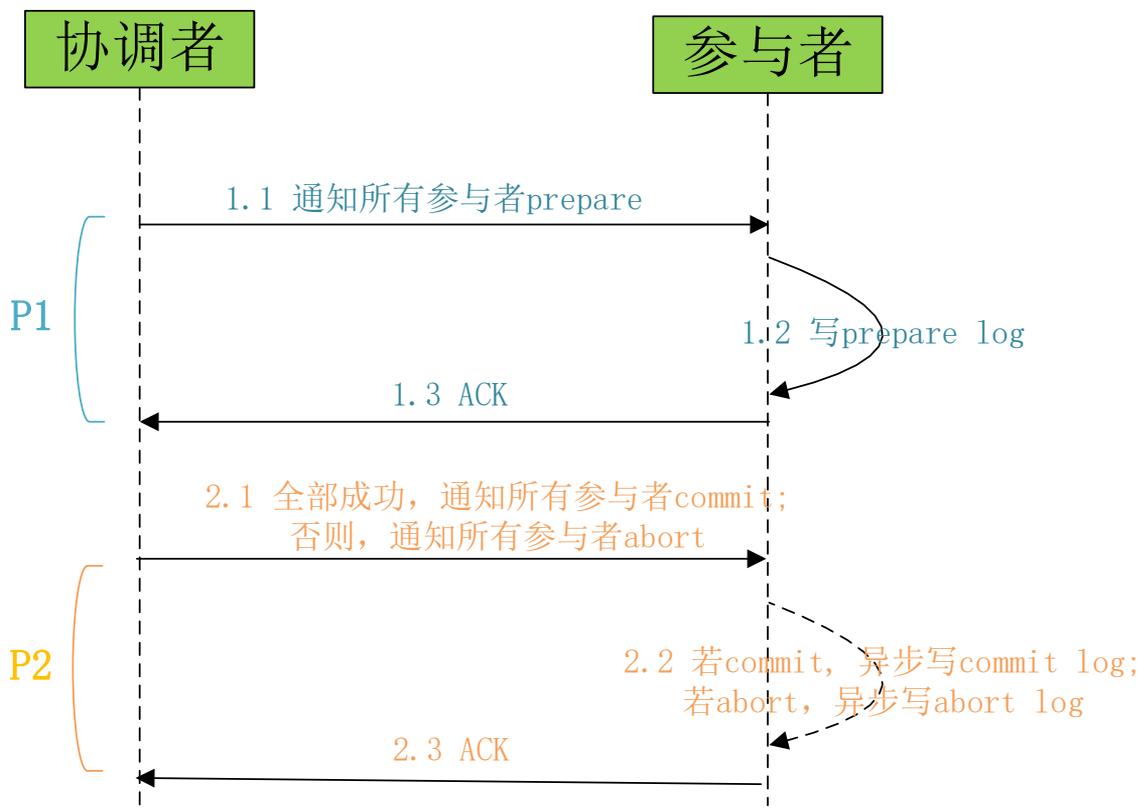


图9 低延迟2PC算法

## 五. 功能介绍

### 5.1. 基础功能

功能分类	功能点	功能点描述
SQL能力	事务	完整的支持事务ACID特性，支持MVCC，支持提交读、可重复读两种隔离级别
	内置函数	完整支持MySQL内置函数
	用户自定义函数	支持用户自定义函数
	视图	支持视图
	存储过程	支持存储过程
	触发器	支持触发器
	DQL语句	支持SQL2016标准
	DDL语句	支持SQL2016标准,默认索引类型是Hash索引。Btree索引需要通过using btree关键字指定
	DCL语句	支持SQL2016标准
	TCL语句	支持SQL2016标准

[返回目录](#)

功能分类	功能点	功能点描述
分布式能力	分布式事务	完整的支持分布式事务，分布式事务对应用完全透明
	全局表	每个节点都有表中的全量数据,适用于读多写少的小表,提高关联查询的效率
	层级表	表之间具有层级关系，子表的主键需要包含父表的分区键，即子表默认按父表的分布键进行分布。
	分布表	表中的数据按策略分布到不同节点，分布键可以是Hash索引也可以是区间索引
	Hash分片	分布表的分布键是Hash索引时，数据按Hash分片。数据在不同节点自动平衡
	Range分片	分布表的分布键是BTree索引时，数据按Range分片从而保证连续的数据尽可能在同一个节点。数据在不同节点会自动平衡
	全局二级索引	全局二级索引是索引属性与分片索引的映射，通过全局二级索引检索数据会直接映射到分片索引上，从而避免广播
	运算迁移	自定义函数可以指定路由，迁移到适合的节点执行
	在线伸缩	支持不停服务，在线伸缩节点。数据可以自动平衡
	负载均衡	负载均衡客户端连接到不同节点

[返回目录](#)

功能分类	功能点	功能点描述
通用能力	访问控制粒度	通过表锁、行锁提供基于行级的访问粒度控制
	多种开发接口支持	支持C、C++ API/ODBC/JDBC/Python等多种语言的数据库开发接口
	字符集支持	支持 utf8、gbk、latin1 等多种字符集
安全性	用户、角色、权限、审计	支持用户管理、角色管理、访问权限控制，以及审计日志
容灾和恢复	高可用	通过Raft协议实现金融级强一致性，主从自动切换
	数据备份	支持数据快照备份，写全量快照不阻塞数据库的读写操作
	数据恢复	支持通过备份数据进行全局、单节点维度快速恢复

## 5.2. 特色功能

### 5.2.1 原生分布式

采用了具有自主知识产权的云原生分布式架构，从架构设计、底层存储和查询处理均面向分布式数据管理需求，数据库集群作为一个整体对外提供服务，用户无需关注集群内部的实现细节。

数据通过hash或者range分片算法散列在不同的节点，数据自动动态平衡。在服务器利用率和管理复杂性上均明显优于中间件方案，轻松应对高并发、海量数据场景。

### 5.2.2 多存储引擎并存

AISWare Database 是一个融合内存、磁盘双存储引擎的数据库。同一个数据库实例，内存存储、磁盘存储可以并存，通过DDL语句指定表数据、索引的具体存储类型。

应用程序访问数据完全透明，检索、更新数据时无需关心数据是在内存还是在磁盘上，而且内存表、磁盘表可以关联访问，不做任何限制。这种特性为既存在高频访问的热数据，又存在低频访问冷数据类场景，提供了统一的数据库技术栈。

### 5.2.3 自动化扩缩容

AIDB 集群提供不停机的横向扩展自动化扩容方案，不影响在线业务，动态伸缩节点。超强scale up能力，对CPU、内存、连接数不做限制；用户可以在线进行扩容操作，扩容过程不影响用户的线上业务。

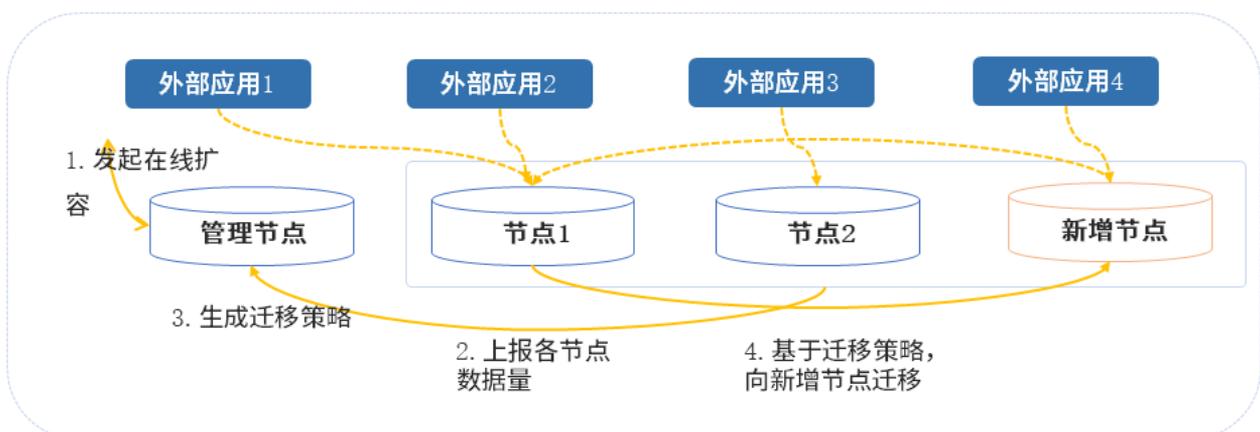


图10 自动化扩缩容

## 5.2.4 电信级高可用

成功应用于电信核心业务系统，提供一主多从的集群内部高可用切换能力，提供“多地多中心”的灾备能力，满足金融级数据强一致的要求。

基于raft协议优化，用于主备之间强一致性复制；容错能力与灾备措施完善，实时故障自动转移（auto-failover），事务数据零丢失 RPO=0；支持一主多从集群部署，主从故障自动切换（auto-failover），主节点故障后秒级切换到从节点，不影响线上业务。

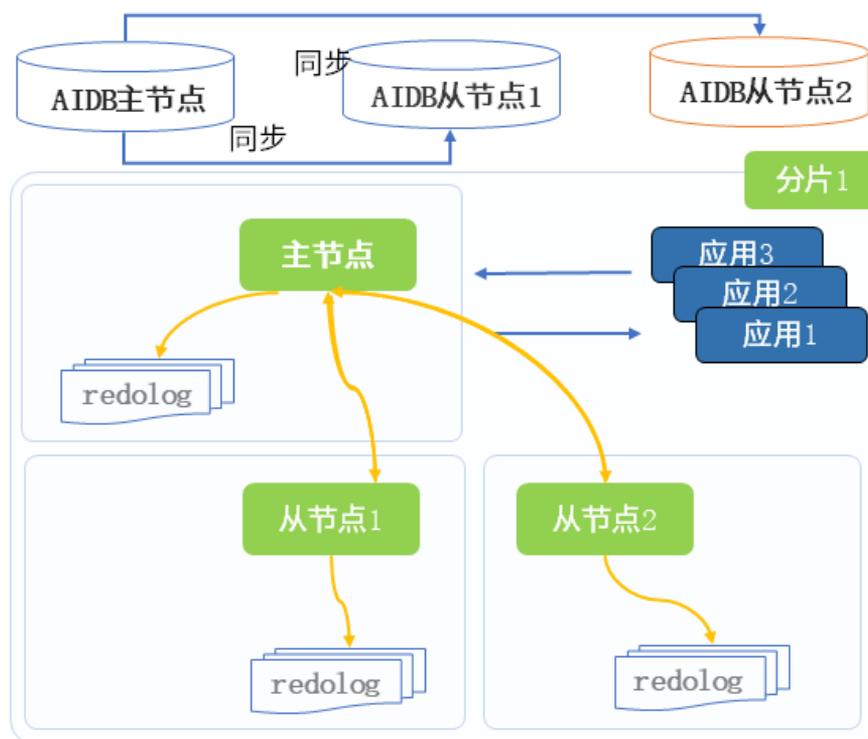


图11 电信级高可用

## 5.2.5 可视化监控与告警

多达三十余项的专业数据指标的监控，如出入网流量监控、Set/Get 数、CPU 负载、QPS等，可视化的数据展示一目了然。不断丰富的接口，为系统整体运维的可视化、自动化，提供灵活多样的查询服务。

## 六. 场景应用方案

AISWare Database 是兼容MySQL生态的原生分布式融合（内存、磁盘）数据库。适用于高吞吐、低延迟的OLTP类应用，以及高性能要求的缓存服务。基于云原生分布式架构，实现了在线弹性伸缩、和分布式强一致性事务；同时100%兼容MySQL协议，并具有极致的性能。



图12 AISWare Database 产品应用场景

### 6.1. 电信行业核心系统

适用场景：CRM订单、Billing计费、渠道管理、OSS，场景能力：

- 支持百万级的连接数
- 高吞吐、百万级tpmC
- 出账效率提升8.5倍



图13-1 AISWare Database 运营商场景

## 6.2. 电子商务实时交易类场景

适用场景：支撑应用系统随业务需求在线弹性扩展,场景能力：

- 自动化扩缩容
- 更高性能、更低成本
- 对应用开发友好、透明

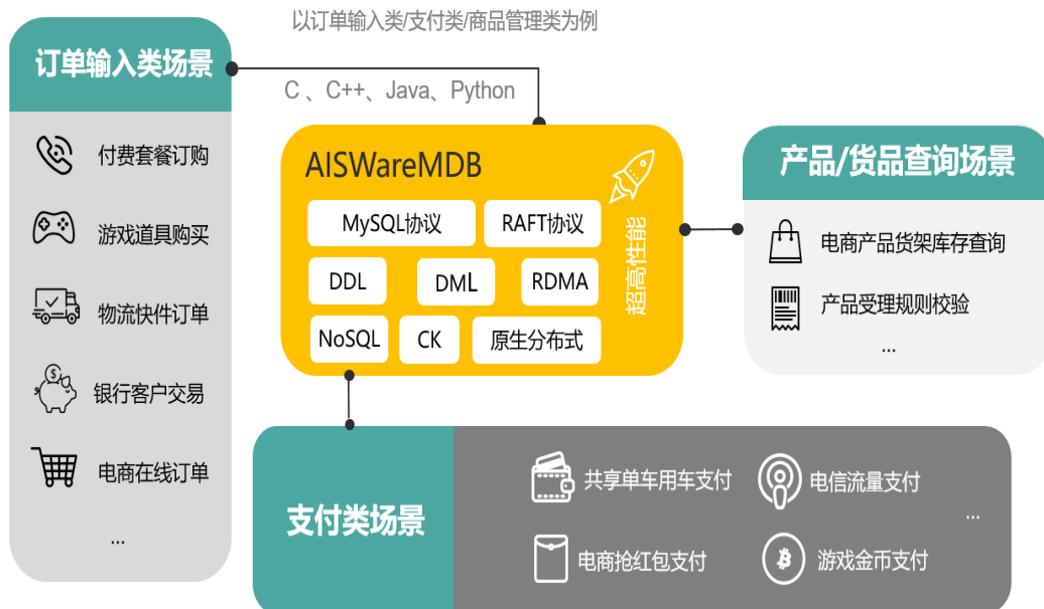


图13-2 AISWare Database 非运营商场景

## 6.3. 金融行业联机交易类场景

适用场景：海量数据存储与高可靠性,场景能力：

- 强一致性保障
- 高并发、低延迟
- 实例故障快速自动恢复

## 6.2. 证券行业实时行情与实时交易类场景

适用场景：在线事务处理与快速查询,场景能力：

- 全面兼容MySQL
- 高性能要求的缓存服务
- 多地多城市并发访问

[返回目录](#)

## 七. 带给客户的价值

**数据库基因：** AISWare Database（亚信数据库AIDB）是亚信科技凭借其在数据库领域多年积累的技术经验，而精心打造的一款高可用、高性能的分布式关系型数据库。

**业务场景：** 在亚信Billing、CRM等系统中存在大量高并发、低延迟的场景， AISWare Database 广泛应用与上述系统并经过运营商生产环境充分验证。

2020年5月， AISWare Database应用在通信行业基础设施，同时支撑全国30多个省区400个地市的并发访问，出账效率提升8.5倍。至今已成功应用于中国移动、中国电信、中国联通等核心业务系统： CRM客户管理、BILLING计费、渠道管理、OSS运营支撑等系统。

从2008年开始， AISWare Database开始向外服务，在中移辛姆巴科有限公司(巴基斯坦)、泰国AIS电信、尼泊尔电信、丹麦TELENOR等客户中广泛商用。客户除了运营商，也包括广电、交通、能源等行业的大型企业客户。

**服务保障：** 专业技术团队， 7\*24小时全面快速响应支持，使用户只需关注于上层数据库的管理和使用。



## 八. 产品优势

### 强大的SQL能力

支持DDL/DML（包括join、union、order by, group by）、DCL；支持视图、存储过程、触发器、函数等；支持95%的SQL2016标准。

### 极致性能

支持将SQL语句以C++代码的方式编译到AIDB进程中，提升数据库运行效率。单节点可支撑百万级连接数，单节点基准sysbench测试200万CRUD操作/秒，9节点Benchmark Mysql基准测试115.6万TPMC；分布式场景，节点性能达到单节点模式的70%以上，32节点内性能随节点数线性增长。

### 平滑扩展

原生分布式，对应用完全透明，兼顾性能与可扩展性；超强scale up能力，对CPU、内存、连接数不做限制；用户可以在线进行扩容操作，扩容过程不影响用户的线上业务。

### 多场景简单易用

丰富的开发语言支持；兼容MySQL协议，学习成本低、生态成熟；丰富的调试工具/命令。

### 高可用与持久性

支持一主多从集群部署；主从自动failover切换；主节点故障后，秒级切换到从节点，不影响线上业务。

### 可视化运维

多达三十余项的专业数据指标的监控与自定义告警，如出入网流量监控、Set/Get 数、CPU 负载、QPS等，可视化的数据展示一目了然，有效降低运维难度与成本。

[返回目录](#)

## 九. 联系我们

亚信科技（中国）有限公司

地址：北京市海淀区中关村软件园二期西北旺东路10号院东区亚信大厦

邮编：100193

传真：010-82166699

电话：010-82166688

Email: 5G@asiainfo.com

网址: www.asiainfo.com





# Thank you



亚信科技依托产品、服务、运营、集成能力助力企业数字化，持续创造新价值。