

H3C、南大通用和英特尔协同优化大数据分析系统性能 突破 8 节点 TPC-DS 测试世界纪录

在数字化转型战略的驱动下，金融、电信、能源、政府等行业产生和存储的数据量呈现快速增长的趋势，并成为用户宝贵的资产。搭建一套高性能、高可用、高可扩展的大数据分析系统成为高效利用并挖掘数据价值的重要基础。行业用户普遍希望能够实现大数据分析系统的一站式部署，以及软硬件的协同优化，从而显著提升数据库系统性能，降低总体拥有成本（TCO），并简化运维。

数字化解决方案领导者新华三集团（H3C）、中国数据库提供商南大通用与英特尔三方合作，进行了 H3C UniServer R4900 G3 机架式服务器 + 南大通用分析型数据管理系统 GBase 8a + 英特尔® 至强® 可扩展处理器的性能验证以及优化，在 TPC-DS 测试中获得 8,944,478 QphDS 的成绩¹，证明了该软硬件组合具备卓越的性价比。该软硬件优化方案为行业用户在软硬件选型方面提供了很好的参考，用户借此可以快速搭建起高性能、高投资收益的大数据分析系统，从而加速数字化转型进程。

挑战：数字化转型加速高性能大数据分析系统应用

在大数据时代，各个行业在长期的业务开展过程中，积累了海量的结构化数据、半结构化数据和非结构化数据，且保持着快速增长的态势。这些数据包括银行与电信交易数据、来自传统数据中心的交易数据、管理数据、财务数据、基础信息数据，以及来自互联网业务的视频、音频、文档等。对于这些规模快速膨胀的数据而言，提升数据库的处理性能对于保障关键业务和挖掘数据价值有着至关重要的作用。特别是对数据库性能非常敏感的海量历史数据挖掘、趋势分析预测等数据分析类应用，迫切需要高性能大数据分析系统的支撑。

现代化的大数据分析系统复杂程度已经显著提升，其性能取决于数据库软件本身、以服务器为代表的硬件基础设施，以及软硬件之间的适配与优化。从数据库的角度来看，在互联网经济快速发展的背景下，关键应用的访问量可能出现瞬时突破，对

事务处理吞吐量提出了前所未有的挑战，数据库很可能会因为落后的架构设计、索引设计和对工作负载的不适当配置带来性能瓶颈。新一代数据库需要实现面向大规模事务处理的优化设计，实现对海量结构化数据、半结构化数据和非结构化数据的统一处理，以及检索等应用的快速响应。

从硬件的角度来看，大部分传统的大数据分析系统的交付方式采用小型机 + 光纤通道存储区域网络交换机（Fiber channel storage area network, FC SAN）+ 传统存储阵列的方式，硬件调试组装完成后还需要再进行软件的集成，集成工作非常复杂，耗时较长，中间过程还需要大量的协调工作，效率低下。在企业的业务逐步“上云”的今天，这种交付方式已经很难适应企业用户快速部署、快速上线、快速服务新业务的客观需求，越来越多的用户转向 x86 服务器 + 分布式数据库的组合方式，来满足性能、扩展性、成本、敏捷性等方面的综合需求。

如何最大程度上发挥大数据分析系统的性能、降低 TCO，同时对于软硬件进行性能、成本的综合验证以及优化，包括按照实际工作负载要求选择合适的硬件配置、对操作系统等应用环境进行最优化配置、从软件层面对于出现的性能瓶颈进行优化等，这些工作对于用户来说无疑意味着一大挑战。

解决方案：基于“H3C UniServer R4900 G3+ GBase 8a”的数据库解决方案

GBase 8a 是南大通用研发的一款分析型分布式数据库，主要面向商业分析和商业智能市场，具备丰富的特性：

- 能够在数百 TB 至 PB 级数据规模下实现数据查询的极速响应；
- 对结构化、半结构化和非结构化数据进行统一处理；
- 千亿级文本条目全文检索秒级响应；
- 高效的压缩节省 50%-90% 的存储空间；
- 全过程可视化的数据查询分析及展现。

得益于这些特性，GBase 8a 可帮助客户有效降低投资和运维成本，并已经广泛应用在政府、国防、统计、审计、银监、证监等领域，以及电信、金融、电力等拥有海量业务数据的行业。

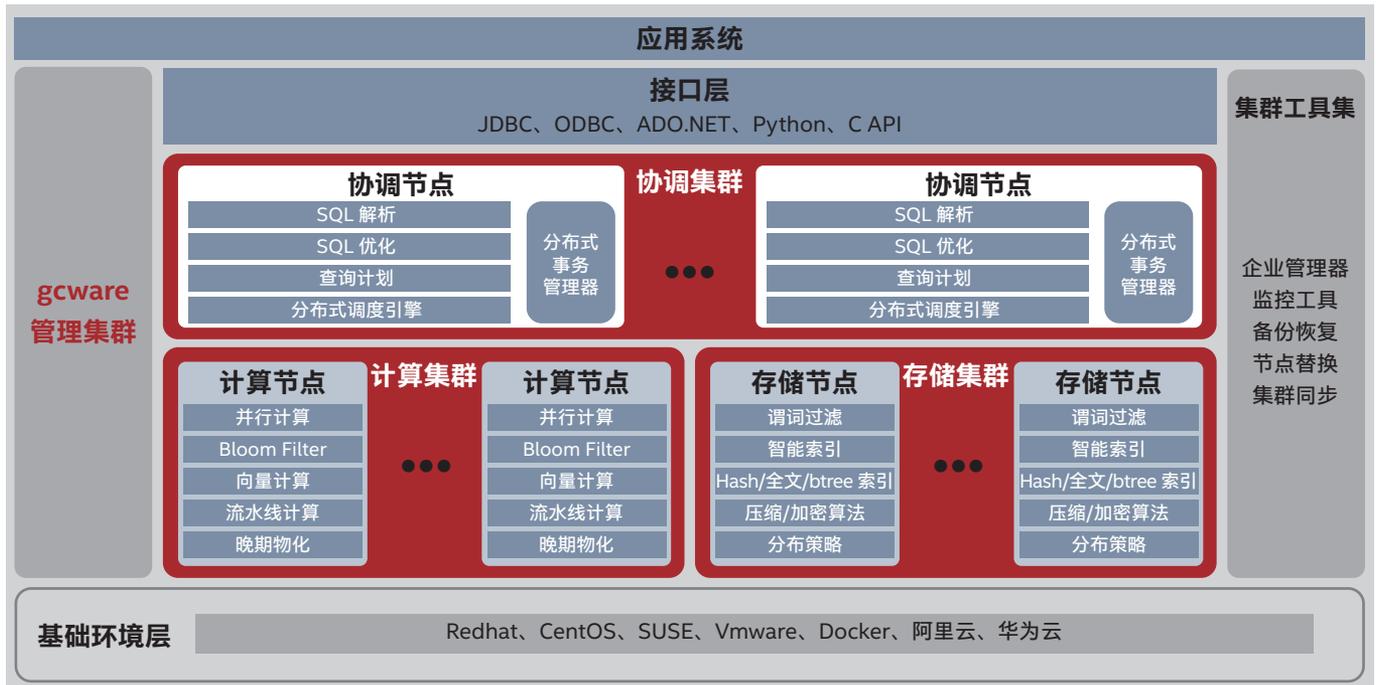


图 1. 南大通用分析型数据管理系统 GBase 8a 系统架构

H3C UniServer R4900 G3 是一款通用型 2U 双路机架式服务器，支持高达 32 块 NVMe SSD 和高达 10 个 PCI-E 3.0 插槽，具备卓越的扩展能力，同时可选的配置安全智能防护模块能够为关键业务提供全方位的贴身防护。此外，H3C UniServer R4900 G3 还能够面向不同业务负载平衡性能，并凭借出色的扩展性及安全可靠等特性显著提升数据中心生产力。



图 2. H3C UniServer R4900 G3 机架式服务器

为了在性能、成本之中找到最优平衡，H3C、南大通用和英特尔在硬件选型上进行了深入探索与性能验证，并最终选择了英特尔® 至强® 金牌处理器 6230R + 英特尔® 固态硬盘 DC P4510 系列 + 英特尔® 以太网网络适配器 E810-XXVDA2 的硬件组合。与之前中低端处理器 + 机械磁盘的方案相比，新的硬件组合性能提升幅度显著高于成本提升幅度，同时成本仅有小幅的增长，从而提供了更高的性价比优势²。

英特尔® 至强® 金牌处理器 6230R 属于第二代英特尔® 至强® 可扩展处理器家族，拥有多达 26 个核心，以及更高的单核性能，可睿频加速至 4.00 GHz，能够在计算、存储和网络应用中，为计算密集型工作负载提供高性能和可扩展性。得益于英特尔® 超级通道互联 (英特尔® UPI)、英特尔® Infrastructure Management 技术 (英特尔® IMT)、英特尔® 高级矢量扩展指令集 512 (英特尔® AVX-512)、英特尔® 高级加密标准新指令 AES-NI 等领先功能，该处理器可满足数据库所需的严苛的 I/O 密集型工作负载的需求。

基于 NVMe 协议的英特尔® 固态硬盘 DC P4510 系列则采用了密度更高的英特尔 64 层 3D NAND 和增强的固件功能，可以处理读取密集型工作负载等任务，提供了远高于 SATA SSD 的 IOPS 性能。

英特尔® 以太网网络适配器 E810-XXVDA2 基于 OCP NIC 3.0 规范，拥有两个 25GbE SFP28 端口和关键的性能优化特性，能够支持云计算、企业和通信等领域的广泛解决方案，可凭借创新的多功能显著提高应用效率和网络性能。

除了对于硬件组合进行优化之外，南大通用还使用了英特尔® Virtual RAID on CPU (英特尔® VROC) 技术，以实现存储高可用与高性能的结合。英特尔® VROC 是专为基于 NVMe 的固态硬盘设计的企业 RAID 解决方案，能将基于 NVMe 的固态硬盘直接连接到全新英特尔® 至强® 可扩展处理器 PCIe 通道，然后用这些固态硬盘制作 RAID 阵列，而无需使用 RAID 主机总线适配器 (HBA)。在此基础之上，英特尔® VROC 可全面释放 NVMe 固态硬盘的性能潜力，而没有传统硬件 RAID HBA 的复杂性和机械驱动。

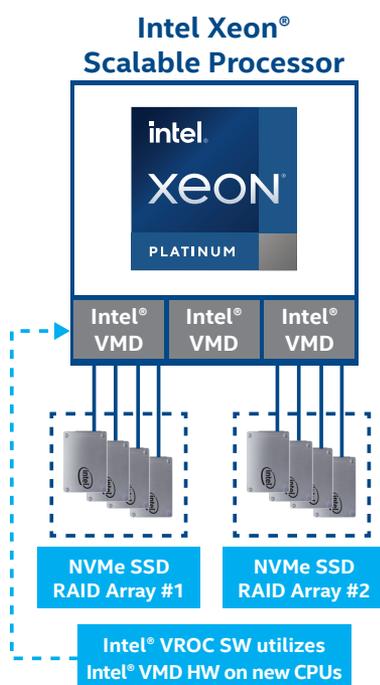


图 3. 英特尔® VROC 可充分释放 NVMe 固态硬盘的性能潜力

此外，南大通用还利用英特尔® 高级矢量扩展 2 (英特尔® AVX2) 指令集来优化 GBase 之中关键函数的性能。英特尔® AVX2 将支持的整点 SIMD 数据宽度从 128 位扩展到 256 位，并具备增强广播、置换指令支持的数据元素类型、移位操作对各个数据元素可变移位数的支持、以及跨距访存支持等特性，从而进一步提升了系统的性能表现。

效果：在 TPC-DS 测试中取得 890 万 QphDS 与 0.43 元单位性能成本的佳绩

通过三方的合作与协同优化，H3C UniServer R4900 G3 机架式服务器 + 南大通用分析型数据管理系统 GBase 8a +

英特尔® 至强® 金牌处理器 6230R 实现了优异的性能与性价比。在 2020 年 TPC 组织进行的 TPC-DS 基准测试中，该解决方案以 8,944,478 QphDS 的性能指标进入了该测试的 TOP 3 榜单，并打破了基于 8 个节点的本地 TPC-DS 基准测试记录。同时，TPC-DS 基准测试还显示，其单位性能成本降低到 0.43 元，这意味着能够给用户带来更具性价比的高性能数据库方案。

TPC-DS 最早是用来衡量数据库分析性能的基准测试，于 2006 年在第 32 届 VLDB 数据库会议上提出，从数据导入、查询性能、查询复杂度、可用性等方面严格考核，并进行严苛审计，是衡量数据库和大数据系统成熟度、竞争力的绝佳标准。TPC-DS 的测试过程和指标包括以下六个步骤：

- 数据负载测试 (T_load)。
- 功耗测试 (T_power)，在一个流中运行 99 个查询。
- 吞吐量测试 1 (T_TT1)，在多个流中运行 99 个查询。
- 维护测试 1 (T_DM1)，使用刷新功能更新数据库。
- 吞吐量测试 2 (T_TT2)，在多个流中重新运行 99 个查询。
- 维护测试 (T_DM2)，使用刷新功能重新更新数据库。

这 99 个查询被定义为模板。每个查询都有几个参数，这些查询的参数是随机获取的，获取的方法为取时间戳。此外，TPC-DS 测试在测试出性能之后，会计算受测系统的市场价格与性能的比值，该数值越低，证明该系统能够为用户提供越高的性价比。

提交给 TPC-DS 基准测试的方案架构如图 4 所示，配置如表 1 所示，该方案包括 8 个节点，每个节点配置了 2 颗英特尔® 至强® 金牌处理器 6230R、512 GB DDR4 DRAM 内存、1 块 480GB SATA 固态硬盘和 6 块 2TB NVMe 固态硬盘、以及 1 块英特尔® E810-XXV 25Gb 网卡，并在 10 TB 的数据规模下进行了测试。



图 4. TPC-DS 基准测试方案拓扑图

公司名称	集群节点	数据库软件	操作系统
H3C	UniServer R4900 G3	GBase 8a v9	Red Hat Enterprise Linux Server Release 7.8
系统配置		H3C UniServer R4900 G3	
服务器:	8		
处理器/内核/线程数:	16/416/832		
内存:	4,096 GB		
存储:	102,144 GB		
存储比例:	10.22		
连接:	1 台思科 Nexus 3232C 交换机		
服务器配置		单个节点	
处理器:	2 颗英特尔至强金牌 6230R 处理器		
内存:	512 GB		
网络:	1 块英特尔 E810-XXV 25Gb 网卡		
存储设备:	6 块 2TB NVMe 固态硬盘 (数据盘) 1 块 480 GB SATA 固态硬盘 (启动盘)		

表 1. TPC-DS 基准测试配置³

测试数据显示 (见表 2)，该方案的 QphDS 达到 8,944,478，单位性能成本低至 0.43 元，与优化前相比，其在性能上实现了大幅提升⁴，成本也有了显著的优化，能够为用户提供更强大、性价比更高的解决方案。

系统总成本	TPC-DS 吞吐量	性价比	发布日期
¥3,784,642 RMB	8,944,478 QphDS@10000GB	¥0.43 RMB	2020 年 12 月 23 日

表 2. GBase 8a TPC-DS 基准测试数据³

展望：高性能、低 TCO 数据库方案加速行业数字化转型

业界普遍认为，随着 5G、人工智能 (AI) 等创新技术的深入落地，各个行业所产生与存储的数据还将继续呈现爆炸式增长的势头，对于需要在数据中心内运行关键业务与敏感业务的行业用户来说，部署高性能的本地数据库产品有着重要意义。H3C、南大通用和英特尔三方的合作证明了其在加速数据库运行、为用户带来高性价比数据库方案上的巨大价值。

未来，三方还将进一步合作，强化面向数据库应用的软硬件协同优化，帮助用户解决在软硬件集成、性能调优等方面的挑战，从而满足海量数据存储与处理的需求，保障关键业务，为数字化转型奠定坚实基础，共建技术领先力、生态影响力、市场领导力。

关于南大通用

天津南大通用数据技术股份有限公司成立于 2004 年，从成立之日起始终坚持国产数据库的自主研发和推广，为用户提供全栈国产数据库产品和服务。南大通用是国家级高新技术企业，国家规划布局内重点软件企业，已连续多年被工信部下辖的赛迪顾问评为国产数据库领军企业。

关于 H3C

紫光旗下新华三集团作为数字化解决方案领导者，致力于成为客户业务创新、数字化转型最可信赖的合作伙伴。新华三拥有计算、存储、网络、5G、安全等全方位的数字化基础设施整体能力，提供云计算、大数据、人工智能、工业互联网、信息安全、智能联接、新安防、边缘计算等在内的一站式数字化解决方案，以及端到端的技术服务。

关于英特尔

英特尔 (NASDAQ: INTC) 作为行业引领者，创造改变世界的技术，推动全球进步并让生活丰富多彩。在摩尔定律的启迪下，我们不断致力于推进半导体设计与制造，帮助我们的客户应对最重大的挑战。通过将智能融入云、网络、边缘和各种计算设备，我们释放数据潜能，助力商业和社会变得更美好。如需了解英特尔创新的更多信息，请访问英特尔中国新闻中心 newsroom.intel.cn 以及官方网站 intel.cn。



^{1,3,4} 数据来源: http://tpc.org/results/individual_results/h3c/h3c~tpcds~h3c_uniserver_r4900_g3~es~2020-12-23~v01.pdf

² 更多硬件配置信息，请访问: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/solutions/select-solutions/analytics/gbase-8a-mpp-cluster-brief.html>

性能结果因使用方式、配置和其他因素而异。更多信息敬请登陆 www.Intel.com/PerformanceIndex

本文并未 (明示或默示、或通过禁止反言或以其他方式) 授予任何知识产权许可。英特尔未做出任何明示和默示的保证，包括但不限于，关于适销性、适合特定目的及不侵权的默示保证，以及在履约过程、交易过程或贸易惯例中引起的任何保证。

英特尔运营所需的任何商品和服务预测仅供讨论。就与本文中公布的预测，英特尔不负有任何购买责任。本文中提供的所有信息可在不通知的情况下随时发生变更。关于英特尔最新的产品规格和路线图，请联系您的英特尔代表。

英特尔技术特性和优势取决于系统配置，并可能需要支持的硬件、软件或服务得以激活。产品性能会基于系统配置有所变化。没有任何产品或组件是绝对安全的。更多信息请从原始设备制造商或零售商处获得，或请见 intel.com

在特定系统的特殊测试中测试组件性能。硬件、软件或配置的差异将影响实际性能。当您考虑采购时，请查阅其他信息来源评估性能。关于性能和基准测试程序结果的更多信息，请访问: www.intel.com/benchmarks

英特尔并不控制或审计第三方数据。请您自行审核该内容、咨询其他来源，并确认提及数据是否准确。

英特尔、英特尔标识以及其他英特尔商标是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。文中涉及的其它名称及品牌属于各自所有者资产。

© 英特尔公司版权所有