

LightDB技术白皮书

恒生电子股份有限公司

目录

一、	前言	5
二、	摘要	5
三、	缩略语	5
四、	体系架构	6
4.1.	产品架构	6
五、	产品简介	7
5.1.	产品概述	7
5.2.	产品特性	7
六、	产品应用场景	9
6.1.	交易系统	9
6.2.	分析型应用	9
6.3.	数据库PAAS服务	9
七、	功能概述	10
7.1.	金融系统特性融合 (FUSION)	10
7.1.1.	毫秒级事务延时	10
7.1.2.	多一致性级别	10
7.1.3.	以表为单位管理事务日志	11
7.1.4.	低延时数据同步	11
7.1.5.	低负载审计	11
7.1.6.	真正 (Real) 内存临时表	11
7.2.	为分布式而生	12
7.2.1.	计算存储分离	12
7.2.2.	内置分布式ID	12
7.2.3.	分布式数据库设计顾问 (Advisor)	12
7.2.4.	分布式感知 (Aware) 优化器	12
7.2.5.	自动故障切换与负载均衡	13
7.3.	现代软硬件融合 (FUSION)	13
7.3.1.	大容量内存	13
7.3.2.	多核心并行执行	13
7.3.3.	高速内联网络	13
7.3.4.	操作系统平台优化	13
7.4.	极致关系型存储优化	14
7.4.1.	兼容标准SQL及生态	14
7.4.2.	模型设计最佳实践强约束	14
7.4.3.	轻量级核心	14

7.4.4.	核心可扩展	14
7.5.	多存储引擎	14
7.5.1.	通用引擎	14
7.5.2.	低延时引擎	15
7.6.	智能优化	15
7.6.1.	云管理台	15
7.6.2.	容量与配置评估顾问	15
7.6.3.	系统配置顾问	15
7.6.4.	分布式感知SQL优化顾问	15
7.7.	通用功能概述	16
7.7.1.	数据库对象	16
7.7.2.	数据类型	16
7.7.3.	事务与并发控制	17
7.7.4.	分区	17
7.7.5.	安全机制	17
7.7.6.	字符集及排序规则	17
7.7.7.	参数配置	17
7.7.8.	自定义数据类型	17
7.7.9.	全文检索	18
八、	技术指标	18
8.1.	运行环境	18
8.2.	部署方案	18
8.3.	遵循标准	18
8.4.	开发语言与接口	18
8.5.	管理能力	19
8.6.	使用限制	19
九、	数据库服务	20
9.1.	数据库原厂标准服务	20
9.2.	数据库原厂增强服务	20
9.3.	数据库高级技术服务	21

文档修改记录

版本	日期	编写人	审核人	说明
V1.0	20210409	张君华	章乐焱、白硕、许欣芑	初始编写

一、前言

在数字化转型的进程中，数据量随着业务发展而激增，仅凭传统关系型数据库已经很难满足业务需求，分布式数据库的发展势在必行。2019年9月，央行官网发布《金融科技(FinTech)发展规划(2019-2021年)》，在强化金融科技合理应用方面，提及要加强分布式数据库研发应用。2020年11月26日，人民银行发布并实施《分布式数据库技术金融应用规范》系列标准，该标准的发布会对金融业务设计、数据迁移策略产生重大的影响。

官方的高度重视、良好的政策环境等都在推动分布式数据库的发展。同时随着金融领域分布式架构的转型与升级，分布式数据库技术在金融领域应用逐步深入，因此恒生电子股份有限公司推出具有独立自主品牌金融属性的恒生数据库（简称：LightDB），致力于为金融机构提供更好的数据库相关服务。

二、摘要

此份白皮书主要描述LightDB相关技术，涵盖数据库产品简介、特性、架构、技术指标、功能概述以及数据库服务等，供金融领域从事数据库运维、数据库开发与业务产品开发和数据库选型等工作的人员参考。

三、缩略语

此份白皮书中的符号与缩略语。

缩略语	中文解释	英文全称
ACID	原子性、一致性、隔离性、持久性	Atomicity, Consistency, Isolation, Durability
CPU	中央处理单元	Central Processing Unit
DCL	数据控制原因	Data Control Language
DDL	数据定义语言	Data Definition Language
DML	数据操纵语言	Data Manipulation Language
DQL	数据查询语言	Data Query Language
HTAP	混合事务和分析处理	Hybrid Transactional and Analytical Processing
IO	输入和输出	Input Output
JDBC	JAVA数据库互联规范	Java Database Connectivity Specification
LSM-Tree	一种分层有序面向磁盘的数据结构	Log Structured Merge Tree
MVCC	多版本并发控制	Multi-Version Concurrency Control

NoSQL	非关系型数据库统称	No Only SQL
ODBC	开发数据库互联规范	Open Database Connectivity Specification
OLAP	联机分析处理过程	On-Line Analytical Processing
OLTP	联机事务处理过程	On-Line Transaction Processing
RPO	恢复点目标	Recovery Point Objective
RTO	恢复时间目标	Recovery Time Objective
SQL	结构化查询语言	Structured Query Language
SSD	固态硬盘	Solid State Disk

四、 体系架构

4.1. 产品架构

高可用是金融领域关键应用的基本要求，LightDB架构采用对等节点的分布式集群架构，集群中每一个节点都拥有计算引擎、存储引擎，利用分布式一致性算法协议实现多副本技术来实现系统的高可用。同时，采用数据分区分布和负载均衡技术实现系统的高性能和容量的弹性伸缩。

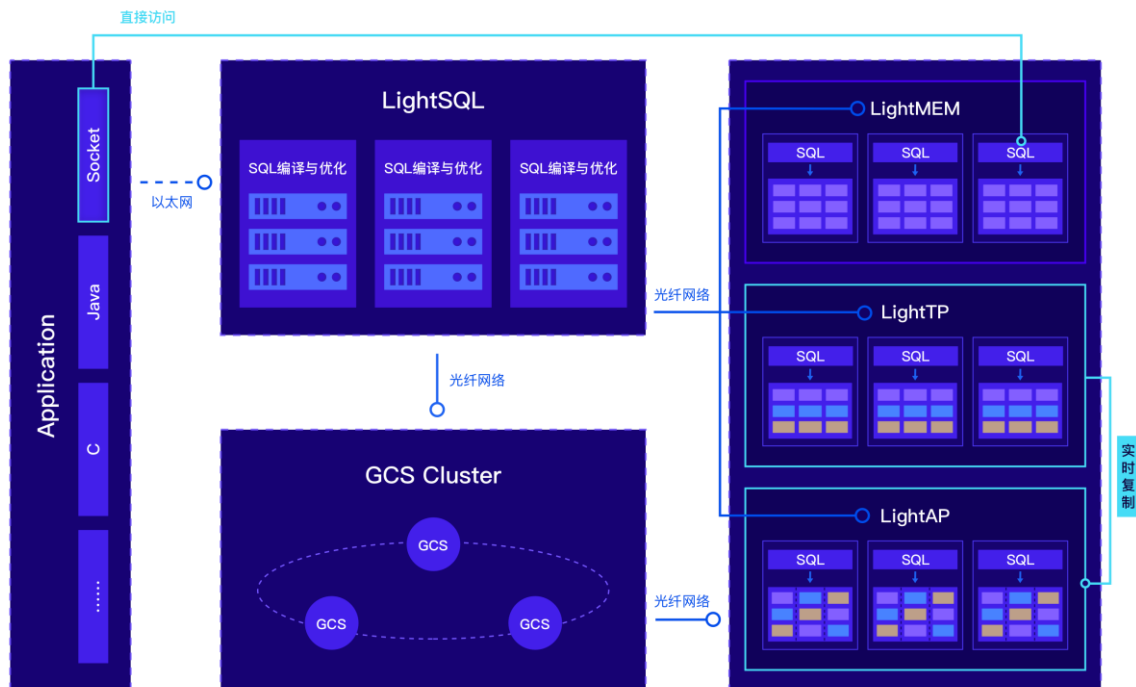


图5-1 LightDB架构

各节点的功能如下：

- LightSQL：SQL协调层。负责接收客户端请求，管理会话，编译SQL并生成分布式执行计划，及全局事务协调。

- GCS: 全局资源和事务管理服务。负责全局事务ID的分配, 分片扩容后数据的自动重分布。
 - LightTP: 联机存储引擎, 提供和传统数据库一样的功能。
 - LightMEM: 内存存储引擎, 主要用于为延时非常敏感的交易和风控场景。同时提供API直连和SQL访问接口, 以提供微秒级的事务处理响应为目标而设计。
 - LightAP: 分析存储引擎, 主要用于大数据统计分析, 是LightSQL的执行器之一。还提供数据高速加载、卸载工具。
- 各组件之间通过专用高速网络通信。

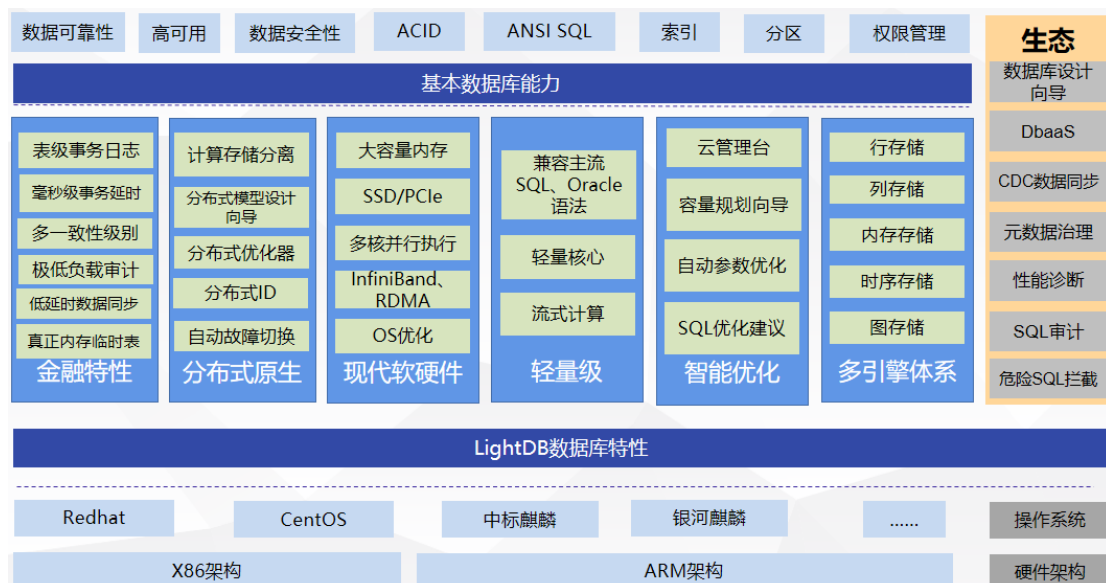
五、 产品简介

5.1. 产品概述

LightDB是恒生电子股份有限公司研发并将长期支持的一款同时支持在线事务处理与在线分析处理的融合型分布式数据库产品, 具备SQL兼容性高、容量弹性伸缩、金融级高可用、现代硬件融合、纯内存计算等核心特性, 主要适用于对可用性、一致性要求较高的系统。

5.2. 产品特性

本部分对LightDB数据库的特性进行总体的介绍。通过下面这张大图, 我们可以一窥LightDB产品的全貌。



具体来说, LightDB具有下列特性:

为金融场景优化

对金融行业来说，快和安全是最重要的特性。快体现到系统中，就是各种低延时。低延时是LightDB最重要的维度之一，更低的延时意味着更快的委托和申报，进而影响着委托的成交优先级，LightDB能确保在吞吐量达到50000 tps时延时稳定在5-8毫秒。如今没有一个数据库是独立、不和上下游数据同步的，保证高并发下低延时（如1秒内）地同步到下游也是LightDB独有的创新之处。

安全意味着所有对数据的操作和访问可查证，体现到系统中就是审计，在满足各种审计要求的同时、对系统额外带来的负载尽可能低，也是LightDB为金融行业带来的独有特色。

为分布式架构设计

一个号称分布式的数据库如果仅仅只是实现了分布式事务、数据分片、采用多副本存储，那么它称不上是一个成熟的分布式数据库，只是把原来由DBA和运维完成的工程自动化了而已，对业务带来的价值比较有限。为了最大程度提升即席查询的性能，LightDB将SQL语句尽可能Pushdown到存储节点完成本地化的关联、聚合及映射。

现代硬件融合

LightDB充分利用现代硬件如NVMe、RDMA、多核心等的优势，以实现低延时和高吞吐量，尽可能达到和本地文件系统一样的性能。

丰富的SQL兼容性

兼容ANSI SQL主流版本语法及特性，Oracle常用语法如ROWNUM、DUAL等。应用无需修改或者只需修改少量代码即可从Oracle迁移到LightDB。

HTAP架构

LightDB中提供行式存储引擎、列式存储引擎及内存存储引擎，不同的应用可以选择任何时候运行一个或多个引擎，满足用户在一个数据库中同时解决OLTP和OLAP问题。

智能数据库优化

LightDB提供Top SQL分析、等待事件分析、SQL调优、索引创建建议，实例和共享内存优化建议，数据库统计信息收集建议，数据库设计合理性建议，锁等待，文件I/O等待等，全面覆盖数据库优化的各方面。

生态开放

LightDB提供丰富的周边工具、云管理台，并提供Redo日志解析接口，提供到MQ、Redis、ES的同步适配器。用户还可以通过插件机制扩展LightDB核心，比如SQL重写、自定义审计，同步到Redis等。

六、 产品应用场景

6.1. 交易系统

随着金融服务模式的重塑和数字化转型的深入，金融机构系统规模及复杂程度呈指数级增长，与之带来的挑战是数据量、交易量以及业务复杂程度的大幅提高，交易系统作为金融机构的核心系统，对数据一致性、高可靠、系统高可用、可扩展性、容灾要求极高。如何整合当前 IT 基础架构中的存储系统，满足高并发、低延时的性能需求，甚至快照、存储虚拟化、容灾复制等高级技术，成了金融企业信息化的迫切需求。如证券、基金类的实时交易系统，传统的解决方案是同城两个机房提供服务、异地一个机房提供数据容灾能力但不提供服务，此解决方案存在以下缺点：资源利用率低、维护成本高、RTO (Recovery Time Objective) 及RPO (Recovery Point Objective) 无法真实达到企业所期望的值。LightDB采用多副本+分布式算法一致性协议的方式将数据调度到不同的机房、机架、机器，当少数机器出现故障时系统可自动进行切换，确保同数据中心或者同城光纤直连数据中心间系统的RTO \leq 30s及RPO=0。

6.2. 分析型应用

随着5G、物联网、人工智能的高速发展，企业所生产的数据会越来越多，数据呈现爆炸性的增长，其规模可能达到数百TB甚至PB级别，传统的数据库都是以Oracle、IBM、SAP为代表的交易型数据库，这类型数据库主要是针对基本的、日常的事务处理，面临海量的数据，传统数据库的IT架构和处理技术已经逐渐无法适应巨大的数据处理需求。可行方案解决方案是通过OLTP型数据库采用分库分表等类似的中间件产品处理在线联机交易业务，并通过ETL工具将数据同步到OLAP型数据库进行数据分析，这种处理方案存在存储成本高、实时性差等多方面的问题。在LightDB中，引入列存储引擎，并结合行存储引擎构建实现了真正的HTAP数据库，在增加少量存储成本的情况下，可以同一个系统中做联机交易处理、实时数据分析，极大地节省企业的成本。

6.3. 数据库PaaS服务

到2022年，Gartner预测云服务行业的市场规模与增幅将会是整体IT服务增幅的近三倍。“云服务无疑将撼动整个行业。据我们所知，在当今的厂商与服务提供商中，其商业模式产品与收入增长无一不受到企业机构内日益采用云优先策略所带来的影响。” LightDB作为专为云而设计的分布式数据库，可在公有云、私有云、混合云中实现部署工具化、自动化；监控运维可视化操作。

七、 功能概述

7.1. 金融系统特性融合（Fusion）

7.1.1. 毫秒级事务延时

金融系统是所有系统对延时最敏感的系统，更低的延时意味着更快的委托和申报，进而影响着委托的成交优先级。为了保持数据的一致性，数据库通常是整个系统中最慢的环节，即使是SSD盘，延时仍然很慢，单笔委托需要6-8毫秒。在分布式架构下，受限于网络延时，该问题被进一步的放大，高达10-15毫秒。LightDB采用多种技术和架构来降低单笔事务低延时，包括内存数据库引擎、绕过SQL层直达存储引擎的API、流复制及InfiniBand、RDMA网络等，确保委托延时在达到30000 tps维持在5-6毫秒。

7.1.2. 多一致性级别

众所周知，金融行业对数据一致性、高可靠、系统高可用、可扩展性、容灾要求较高。

在ACID的实现上，几乎所有的数据库采用要么完全ACID，要么完全不保证ACID的解决方案，该方案就像定点发车的火车，无论是否有旅客，照发不误，极大地影响了数据库整体吞吐量。

在高可靠性实现上，传统数据库的做法通常采用主从复制，NewSQL则采用Raft或Paxos协议保证一致性，这种做法和ACID实现机制类似，都是在数据库实例级别控制，从实际业务来说通常并不是最合理的，影响了整体性能。基于对HTAP系统中表特性的深刻理解，LightDB在完全满足ACID的基础上，增加了更加灵活的策略。

在ACID层面，支持以表为单位进行差异化一致性管理，每个表都支持下列配置：

- 数据库实例异常停止时容忍丢失的事务更新数量
- 服务器断电容忍丢失的事务更新数量

在高可靠性层面，同样支持以表为单位进行差异化管理：

- 是否启用主从复制
- 是否启用多副本存储

支持上述各种模式使用户可以选择是否在不同异常发生时以极低的代价获取极大的性能提升，正常情况下则不会有任何损失，对HTAP系统来说，这一特性是极有吸引力的。

7.1.3. 以表为单位管理事务日志

大多数数据库同时承载着联机交易和批处理业务，通常是白天交易为主，夜间批处理为主。由于存在的大量的业务系统和各自的数据库，通常外围系统需要从核心系统同步数据，并通过解析重做日志来达到实时和自动的目的。在这些混合型系统中，通常会生成大量的流水表、中间表和临时表，数据库为了保证满足ACID，会一视同仁的为所有这些表上的操作生成重做日志，它们甚至比真正系统核心表生成的重做日志多几十甚至上百倍，而这些重做日志实际上没有什么意义，即使丢失了也不会造成业务上的不一致性，同时解析也耗费了大量无用的CPU资源。

为此，LightDB允许在表级别管理重做日志的落盘机制（异步或同步）及是否启用重做日志记录，便于同步工具无需解析即可跳过，从而大幅度降低同步延时和资源消耗。

7.1.4. 低延时数据同步

面对越来越高的并发业务量，数据库通常是交易后台处理的瓶颈点，根据集中交易的特性，写入查询占比约为1: 8-10，大量的查询业务成为影响交易吞吐量的关键。对于LightDB之间的同步，LightDB采用块级复制技术实现低延时同步，每秒同步可达百兆以上；对于异构同步，LightDB自带数据变更捕获和推送程序，即时将针对某些表的变更通过JSON格式推送到Kafka&RabbitMQ、Redis、ES等，并提供适配器插件接口供用户自定义适配。

7.1.5. 低负载审计

系统支持对表的特定操作、运行超过指定时间的语句进行审计，审计请求来源、发起应用、主机用户名，满足全方位的审计需求，以确保满足“证明你是你或不是你”的合规需求。

注：几乎每个月，我们都会收到客户的请求，我们的某一张表被人删除、清空了，能否知道是谁、通过什么应用删除的。

复杂的审计策略通常会严重影响系统性能，甚至高达50%以上。为了尽可能降低对服务器性能的影响，LightDB采用客户端驱动审计，语句模式的审计、完全审计，异步审计等多种审计策略来最小化额外消耗，全部开启时性能影响低于5%、丢失率低于0.1%。

7.1.6. 真正（Real）内存临时表

当我们需要临时表的时候，通常希望其数据尽量在内存里面（因为下个SQL可能就需要访问了），超过指定大小时可以部分写到磁盘中，同时它具有持久表的绝大部分特性（写重做日志除外），同时可以配置在连接异常断开时是否自动

删除临时表（毕竟网络中断、应用服务器异常无响应的概率太高了，创建某个临时表的代价又太高）。LightDB提供的就是这样的临时表：

- 不影响共享缓冲区的情况下尽量驻留内存（可通过参数设置大小，比如4GB驻留内存）；
- 用户可以在创建表的时候指定是数据库停止时还是连接断开时删除临时表。

这种实现能够极大的提升运行时的性能。

7.2. 为分布式而生

不同于大多数数据库为了云原生而云原生或支持容器，LightDB在设计之初就确定真正为分布式而生，从体系架构、软硬件融合、模型设计到开发编码始终将困扰微服务和分布式系统架构师、开发人员的分库分表作为重要评估维度。

7.2.1. 计算存储分离

LightDB采用SQL层和计算引擎分离的架构，采用多种分片算法实现数据分布，计算引擎和SQL层可以独立水平扩展。创建数据库表的时候可以指定分片算法，分片存储或广播存储。

7.2.2. 内置分布式ID

分布式数据库相比传统的集中式数据库，给应用架构和开发带来的挑战之一就是如何透明高效的生成类似于传统Oracle序列或MySQL主键的唯一标识符，并确保吞吐量足够高。LightDB内置支持多种全局一致性的数字标识符和字符串标识符，满足不同场景的需求。

7.2.3. 分布式数据库设计顾问（Advisor）

关系型数据库语言SQL及其模型的简单易用使得关系数据库自诞生40多年以来长盛不衰，并且一度号称“杀死SQL”的NoSQL在过去几年也一度积极支持SQL，可见其易用性。

SQL语言仅需要说明做什么、不需要说明怎么做的优点也是缺点，只要语义正确，它不会提示设计合不合理，直到用户发现理论并不成立。混合型系统中尤为明显，大多数分布式数据库和分库分表中间件只解决了OLTP的问题，没有解决OLAP和AD-HOC的问题。受制于网络物理环境的限制，在分布式数据库中该问题会进一步放大。因此，LightDB将包含数据库设计向导，帮助用户在创建表时对分片方式和存储模式进行优化设计。

7.2.4. 分布式感知（Aware）优化器

借助于分布式设计顾问的帮助，LightDB优化器在生成执行计划时，会在全

局目录获取数据分布情况，并充分考虑数据的分布情况，生成最优的执行计划并下推（Pushdown）到正确的数据节点执行。

7.2.5. 自动故障切换与负载均衡

数据支持多副本存储，数据副本通过分布式一致性协议同步事务日志，多数派写入成功事务才能提交，确保数据强一致性且少数副本发生故障时不影响数据的可用性。可按需配置副本地理位置、副本数量等策略满足不同容灾级别的要求。

7.3. 现代软硬件融合（Fusion）

7.3.1. 大容量内存

大多数关系型数据库设计之初假设大部分数据在磁盘中、并且磁盘速度和内存速度至少相差1000倍以上，优化器为SQL生成执行计划时，会以此为依据。这种假设在如今是很不合理的，生成的执行计划经常会比较低效，特别偏好索引扫描。LightDB包含自动检测硬件性能的工具，定期根据真实的硬件推荐优化配置，帮助DBA最大程度的利用硬件的优化。

7.3.2. 多核心并行执行

由于现今物理工艺上的极限，单颗CPU处理能力提升困难，系统架构朝着多颗多核的架构上迅猛发展，商业关系数据库如Oracle、SQL Server都实现了并行扫描，极大的提升了OLAP、索引创建、表分析的性能。LightDB同样充分利用并行特性，支持SQL语句语法或通过优化器提示、表属性在服务器端并行执行各种SQL语句提升运行效率。

7.3.3. 高速内联网络

为了实现OLAP下的高吞吐量、OLTP下的低延时和高吞吐量，LightDB采用双网络通道架构，节点之间采用专用网络互连，支持专用网络InfiniBand、RDMA及以太网，对外通信则采用以太网。

7.3.4. 操作系统平台优化

考虑到企业用户数据库服务器基本运行于Linux环境，LightDB仅支持Linux Kernel 3.10及更高版本的平台，并进行深度优化，不支持Windows及AIX等非开放操作系统，以便最大程度发挥Linux平台的优势。

7.4. 极致关系型存储优化

7.4.1. 兼容标准SQL及生态

LightDB完全自研关系型数据库核心组件优化器、执行器、存储引擎，以ISO SQL 2003、2008及更新版本标准为主，同时对Oracle、MySQL的常用语法如ROWNUM、LIMIT也会进行兼容，以对开发者生产力提升、运行时性能提升为核心目标。原来通过JDBC、ODBC、C、Python访问数据库的应用程序可以无缝访问LightDB。

7.4.2. 模型设计最佳实践强约束

LightDB根据数据库设计的最佳实践如表必须包含主键、最后更新时间戳、关键字不能作为标识符、避免使用float类型等，并将其作为约束的一部分，作为系统开关提供，确保即使经验欠缺的开发人员也能够设计出可扩展和高性能的数据库模型。

7.4.3. 轻量级核心

LightDB聚焦于关系型数据库的主要目标，以最优化关系型结构化存储及查询处理为产品核心，在满足关系型数据库要求¹的前提下，对NoSQL、GIS、XML、Spatial等外围特性不做特别的支持。

注1：GBT 30994-2014 关系数据库管理系统检测规范

注2：《中央国家机关2021年数据库软件协议供货采购项目》技术要求

7.4.4. 核心可扩展

LightDB提供了一个插件管理模块，用于管理用户创建的插件。加载到数据库的插件就像它们被打包在数据库里一样，可以支持各种功能比如SQL重写、优化器提示等。

7.5. 多存储引擎

不同负载的业务对数据访问有着完全不同的模式，就像散货船和集装箱船都可以运送铁矿石一样，采用集装箱船运铁矿石明显不是明智的选择。到数据库中也是一样的道理，分析型和事务型对数据库有着完全不同的访问模式和要求，因此LightDB采用多存储引擎架构，包含行存储引擎、列存储引擎及低延时存储引擎，同时支持扩展图引擎、时序引擎等。

7.5.1. 通用引擎

为了满足绝大多数联机业务和分析业务，LightDB包含基于行式存储的事务

引擎LightTP，和基于列式存储的分析引擎LightAP，两者完全共用相同的SQL接口和语法。LightTP通过流复制方式实时同步数据到LightAP，确保行存储引擎LightTP和列存储引擎LightAP之间的数据保持一致。LightTP、LightAP可以根据需要部署在不同的机器，避免分析业务影响交易业务。

7.5.2. 低延时引擎

内存引擎基于恒生在集中交易和投资交易内存技术十多年成功应用经验衍生，根据事务理论充分利用NVMe（非易失性内存）和持久化内存进行全面重构，聚焦单笔低延时、高并发、高可用的场景。

7.6. 智能优化

7.6.1. 云管理台

LightDB云管理台提供丰富的监控及管理功能，包括集群健康状态、性能监控、SQL审计、Top SQL、Top等待事件、告警、AWR、备份与恢复、数据同步、各种顾问、危险SQL二次确认等，并支持集中式管理LightDB集群，降低运维难度，提高DBA日常处理效率。

7.6.2. 容量与配置评估顾问

考虑到数据库内部实现的复杂性，LightDB提供向导式的容量评估工具，DBA和IT人员能够根据当前Oracle、MySQL数据库的容量或裸文本文件的大小估算目标容量空间。除此之外，配置评估向导还提供根据TPS、延时要求估算目标存储、网络等要求。

7.6.3. 系统配置顾问

LightDB包含根据系统负载类型（联机、数据仓库或混合）和主机配置自动生成优化的参数配置推荐。

在运行时，LightDB会收集系统运行情况，在DBA分析时提供相关配置的优化建议。

7.6.4. 分布式感知SQL优化顾问

大多数数据库都提供了对慢SQL的记录和资源消耗分析功能，仅仅对慢SQL的简单分析并不能帮助开发人员快速确定根本原因和优化建议，分布式数据库则进一步加剧了这种优化难度。对以Oracle为从业经验为主的DBA而言，TOP SQL多维度分析的缺失极大的提高了诊断难度。

7.7. 通用功能概述

7.7.1. 数据库对象

LightDB提供数据库、模式、表、索引、约束、视图、系统函数、自定义函数等常用数据库对象与管理功能。表包括分区表、临时表，分区表支持HASH分区、Range分区；视图只支持普通视图；约束支持非空约束、主键约束、唯一约束。支持数据库用户的创建与删除操作，以及用户权限的分配与回收操作。

索引

索引是对数据库表中一列或多列的值进行排序的一种结构,使用索引可快速访问数据库表中的特定信息。是提升数据库性能常用方法之一。LightDB支持唯一索引、聚集索引和普通索引。

7.7.2. 数据类型

编号	数据类型	备注
1	BIT	支持
2	BOOL/BOOLEAN	支持
3	TINYINT	支持
4	SMALLINT	支持
5	MEDIUMINT	支持
6	INT/INTEGER	支持
7	BIGINT	支持
8	DECIMAL	支持
9	NUMERIC	支持
10	YEAR	支持
11	DATE	支持
12	DATETIME	支持
13	TIMESTAMP	支持
14	TIME	支持
15	CHAR	支持
16	BINARY	支持
17	VARCHAR	支持
18	VARBINARY	支持
19	CLOB	支持
20	BLOB	支持

7.7.3. 事务与并发控制

分布式数据库应支持分布式事务，在一个分布式事务数据库中，1个分布式事务操作的数据会跨越多个数据存储节点，会通过分布式事务的ACID来保证事务的全局一致性。同时在分布式事务数据库中，即使发生个别节点故障，网络故障等，也不会破坏分布式事务的各种特性。原子性和隔离性是基于多版本并发控制保证的。MVCC是基于多个旧值版本的后验证机制，读写互不堵塞。

7.7.4. 分区

7.7.5. 安全机制

- A) 身份标识和鉴别
- B) 用户权限、角色管理
- C) 访问控制（对象访问、集群访问、）
- D) 数据安全（存储安全、同步传输安全、备份恢复安全）
- E) 审计功能（SQL审计、用户行为审计、用户授权审计）
- F) 客户端、服务端间通信开启加密传输
- G) 计算、存储、管理调度各个组件间通信开启加密传输

7.7.6. 字符集及排序规则

字符集：

UTF8、UTF8MB4、GBK、BINARY、ASCII、LATIN1。

排序规则：

UTF8MB4_GENERAL_CI 、 UTF8MB4_GENERAL_BIN 、 UTF8_GENERAL_CI 、 UTF8_GENERAL_BIN、BINARY。

7.7.7. 参数配置

通过根据服务器目前状况，修改LightDB的系统参数，达到合理利用服务器现有资源，最大合理的提高数据库性能；支持配置方式：

1. 通过客户端命令行方式修改参数
2. 通过SQL方式修改运行参数
3. 通过修改配置文件方式修改参数
4. 使用图形化WEB运维管理平台，进行选定特定参数和设置参数对应的值来达到参数调整的效果

7.7.8. 自定义数据类型

支持基于内置数据类型创建自定义数据类型，比如HsBalance实际为number(16,2) default 0。

7.7.9. 全文检索

全文检索是利用查询关键字和查询列内容之间的相关度进行检索,可以利用全文索引来提高匹配的速度。具体的执行逻辑如下:

1. 数据库存储逻辑搜索表的所有行,并读取列中的数据
2. 过滤器提取文档数据,并将其转换为文档表示方式
3. 分段提取过滤器的输出信息,并将其转成纯文档
4. 词法分析器提取分段器中的纯文档,并将其拆分为不连续的标记
5. 索引引擎提取词法分析器的所有标记、文档段在分段器中的偏移量以及被称为非索引字的低信息含量字列表,并构建反向索引、倒排索引存储标记和含有这些标记的文档

检索方式通常分为三种:

- A) 自然语言检索
- B) 布尔检索
- C) 查询扩展检索

八、 技术指标

8.1. 运行环境

支持部署在x86_64架构物理服务器环境以及ARM_64架构的物理服务器和主流的虚拟化环境,支持绝大多数的主流硬件网络。其芯片支持主流的Intel,国产芯片支持海光、海思(鲲鹏920)。并且支持主流的Linux发行版本(如Red Hat Enterprise Linux、Centos、麒麟系统、统信UOS等)。

8.2. 部署方案

为了满足开发测试、生产等不同环境下的数据库部署需求,LightDB支持单机部署、分布式部署、多中心部署与云上部署等多种部署模式。

多中心部署支持:机房内三节点集群部署;同城三机房集群部署;同城三机房加异地灾备部署。

8.3. 遵循标准

LightDB设计规范遵循数据库三范式,支持ANSI/ISOSQL:2003标准。支持标准的DDL、DML、DQL、DCL等数据库操作。支持JDBC、ODBC驱动。

8.4. 开发语言与接口

支持C/C++、Java、Go、Python等多种编程开发语言。同时提供JDBC、ODBC

等多种开发接口。

8.5. 管理能力

LightDB基于数据库智能运维管理平台做日常集群运维等工作。主要功能有：

- 用户、权限、数据库管理
- 集群整体运行概况
- 组件、主机运行状态、负载、吞吐量及监控
- 分析集群读写流量分布及趋势变化
- 所有SQL查询的耗时等执行信息
- 详细了解耗时较长的SQL语句的执行信息
- 诊断常见集群问题并生成报告
- 查询所有组件日志
- 收集分析各个组件的性能数据
- 数据移动管理，包括数据备份、恢复、克隆、移动等

8.6. 使用限制

主要描述LightDB常见的使用限制，包括：标识符长度，最大支持的数据库、表、索引、分区表的个数。

标识符长度限制：

标识符类型	最大长度（字符）
Database	64
Table	64
Column	64
Index	64
View	64

Databases、Tables、Views、Connections总个数限制：

标识符类型	最大个数
Databases	unlimited
Tables	unlimited
Views	unlimited
Connections	unlimited

单个DataBase限制：

类型	最大限制
Tables	unlimited

单个Table限制：

类型	最大限制
Columns	4096
Indexs	64
Rows	unlimited
Size	unlimited
Partitions	unlimited

字符串类型限制:

类型	最大限制
CHAR	4096字符
BINARY	4096字节
VARCHAR	16383字符
CLOB	unlimited
BLOB	unlimited

九、 数据库服务

9.1. 数据库原厂标准服务

- 1、合同签订后提供数据库原厂标准服务函，并提供标准服务的CSI支持识别号给客户进行注册登记使用；
- 2、招标时提供LightDB原厂针对本项目的授权书原件；
- 3、维护期内的热线电话、电子邮件服务（每周7天，每天24小时）；
- 4、维护期内的软件产品的升级及维护，提供软件下载给客户进行下载更新；
- 5、维护期内的产品支持服务包括技术文档库、客服中心或热线电话以远程、交互式处理方式来处理客户提交的服务请求

9.2. 数据库原厂增强服务

- 1、LightDB 原厂 20 人/天现场支持的高级客户服务 (ACS)；
- 2、LightDB 原厂紧急救援服务 (PRS)，包括：

服务包名称	PRS (7*24)
电子邮件、电话支持（对1级、升级2级系统问题的解决）	直到问题解决
现场支持按需要（电话解决不了问题）；对1级、升级2级系统问题的解决	直到问题解决
协助管理服务请求（SR）	按需要进行

LightDB软件健康检查	1次
---------------	----

9.3. 数据库高级技术服务

1、重大事件值守

LightDB原厂对数据库系统发生重大事件时，包括系统运行环境需要发生改变或重大停机切换、或其他任何可能对业务系统产生重大影响时，LightDB将实施数据库备份、迁移方案制定，并指导数据中心管理人员进行实施，整个过程将至少委派一名以上工程师进行全程现场值守，以保障数据有效性和安全性。

2、专家培训服务

A) 集中专家培训：将数据库维护人员集中在一起，在连续的时间内由专家培训数据库的专业知识，主要目的：在短期内，提高数据维护人员对数据库的整体操作和维护能力。

B) 现场专家培训：LightDB工程师到达现场，在数据中心测试环境中，针对性的实际操作对现场专家培训，主要目的：针对一些特殊的维护需求，现场教授维护方法。

3、维护服务回顾和展望

A) 定期向数据中心管理人员汇报运行维护方面的问题，确定下一阶段需要改进的地方及重点工作。

B) 年度和数据中心数据库管理人员一起对维护工作进行总结。