ro101 0Hor0r0107001010101010ro01001cra 0rnimtero10T0i0010ra⁷07r0r0rT01010T⁰1016

AIUr i0rQ401001019Y1000L 0106010GI6501010r040rOC0101010[1019tgt010101Qr010

01016105 eT01070Teroro10 912e10010101ere10101010LDerD19K010707010101010g0r

iD101019r0t61020501066(070i0 0100UI1001000070sT00 的t0usl0140100rot0r03301010400IO50T060

**第15章** **评测基准**



**15.1** **评测基准概述**

**15.1.1** **评** **测** **基** **准** **的** **目** **的** **和** **作** **用**

数据库以及大数据评测基准(也可称为测试基准)用于公平、客观地评测不同数据 库、大数据平台/产品的功能以及性能。这样的测试对于用户来讲具有重要的参考价值， 可以帮助他们选择合适的数据处理平台和产品。对于系统提供商(厂家)来讲，可以通过 评测，不断地提高自身产品的性能。对于学术界来讲，则可以利用评测基准，对新思想和 新技术进行验证。可以说，评测基准促进了数据库、大数据平台/产品的技术进步。

**15.1.2** **评测基准的构成**

一个评测基准是一个规范。这个规范一般需要规定如下几个重要的方面，包括：

(1)数据模型和数据规模 (Data Schema and Data Scale), 包括模拟数据生成器；(2) 查询和分析负载 (Query and Analysis Workload);(3) 性 能 指 标 (Performance Met- ric);(4) 测试过程描述 (Description of Benchmarking Procedure)。评测基准的构件见 图 1 5 - 1 。

|  |  |
| --- | --- |
| 性能指标 | 测试  过程  描述 |
| 查询和分析负载 |
| 数据模型和数据规模 |

**图15-** **1** **评测基准的构件**

**15.1.3** **评测基准的分类**

评测基准，按照评测的对象可以分成三类，包括：(1)微评测基准 (Micro Bench- mark) 。 一般用于测试数据处理系统的CPU 、 内存、I/O) 效率。(2)功能性的评测基准 (Functional Benchmark)。用于测试数据处理系统的某项数据处理功能，比如 I/O 能力评 测基准 TestDFSIO 、 排序评测基准 TeraSort 等。(3)面向应用的评测基准 (Application Oriented Benchmark)。用于针对某类应用场景，测试数据处理系统的功能和性能，比如 TPC-C,TPC-H,BigBench 等。

**15.1.4** **评测基准的选择**

用户和企业在进行数据处理系统评测时，需要考虑若干因素，以便选择合适的评测基 准。这些因素包括：(1)评测基准与业务的相关性。考察评测基准设定的应用场景是否与 实际业务场景类似。不相关的基准，测试结果再好，参考价值也不大。(2)生成的模拟数 据。是否和真实应用场景的数据相似，包括是否具有相似的分布特点等。(3)工作负载的 可扩展性。评测基准是否适用于评测不同规模的计算机系统。许多评测基准通过调整比例 因子 (Scale Factor), 得到不同规模的模拟数据，用于测试不同规模的数据处理系统。

(4)度量的可理解性。性能指标要易于用户理解。(5) SQL 标准的兼容性。SQL 是 ANSI 为统一各个数据库厂商之间的编程语言差异而定义的数据库存取语言标准。目前已经发布 了SQI86.SQI.92,SQL99,SQI.2003 等版本。这些SQL 标准被主流的商用数据库系统 ((racle,DB2,SQL server 等)以及开源的数据库系统 (MySQL,PostgreSQL 等)广泛 采用。数据库系统以及新的大数据处理平台和工具，应该支持主流的 SQL 标准，有利于 降低学习难度，快速从现有系统迁移到新的系统。(6)通用性/移植性。通用性指的是评 测基准可在不同数据库系统、不同大数据平台和产品上实现指定的评测。评测基准不规定 具体实现细节，只需要定义测试规范即可。(7)客观与公正性。在各个领域最受欢迎的评 测基准，都是由第三方机构设计和发布的。在数据库领域， TPC 系列评测基准是最广为 接受的评测基准。评测基准需要足够健壮，用户不能轻易通过特殊的优化技巧(比如物化 视图、索引等),提高性能指标，这一点对于测试结果的公平性很重要。 TPC-DS 在健壮 性方面做得很好，因为它的SQL 查询相当复杂，查询数量又多，不容易通过一些优化手 段提高所有 SQL 查询的性能，提高少数查询性能，不会影响对系统的整体评价。

端到端的大数据测试工具，与企业应用场景紧密结合，能够满足企业对特定业务的模 拟，覆盖了企业业务全流程，测试结果能够帮助企业对数据处理平台和工具做出选择。

**15.2功能性评测基准Daytona 100TB Gray Sort**

排序是最基本的数据处理任务，也是I/O 密集型任务。

Sort Benchmarks是一个从事排序性能评估的非营利机构。该机构每年举办一次排序 基准比赛，很多厂家和学术机构带最新的技术成果参加比赛。在2007年之前， Sort

Benchmarks 最开始是由Jim Gray(著名数据库专家、1998年图灵奖获得者)发起和负责 管理的。在Jim Gray 于2007年初不幸在海上失踪后，该机构由他过去的同事和历届冠军 组成的委员会接手管理。目前，这个委员会的成员包括来自(rdinal Technology的 Chris Nyberg 、来自Amazon Web Services的 Mehul Shah 以及来自微软的Naga Govindaraju。

排序基准 (Sort Benchmark) 有很多种形式。到目前为止，总共有6种，分别是Gray Sort,Penny Sort,Minute Sort.Joule Sort,Terabyte Sort,Datamation Sort。随着机器 配置和排序程序的性能提升，Terabyte Sort,Datamation Sort目前已经弃用了。每一种排 序评测基准形式都有两种类别可供选择，分别是Indy 和 Daytona 。Indy 是专用目的的排 序基准，Daytona 则是通用目的的排序基准。

这些 Sort Benchmark需要遵循一些公共的规则，包括：(1)排序的输入和输出文件 必须放在辅助存储设备(如硬盘)上。(2)不能使用裸磁盘 (Raw disk, 未经格式化的磁 盘),因为I/() 子系统也要被测试。(3)排序必须要生成输出文件。(4)排序输人记录长 度必须是100字节，并且前10个字节是一个随机的Key 。(5) 使用Gensort 记录生成器来 生成输入记录。(6)排序输出文件必须要通过 Key 顺序和校验码的验证，其中的100TB Gray Sort 考察目标系统对100TB 数据进行排序的速度。

2013年和2014年的冠军分别由 Hadoop 大数据处理平台和 Spark 大数据处理平台获 得。2013年，Yahoo 公司在2100个节点构成的Hadoop 集群上(节点配置为2×2.3Ghz hexcore Xeon E5-2630,64 GB memory,12×3TB disks) 使用4328秒完成102.5TB 数据 的排序，平均速率达到1.42TB/Min 。2014 年 ，Databricks 公司在207个 Amazon EC2 i2.8xlarge 类型的节点构成的Spark 集群上(节点配置为32 vCores-2.5Ghz Intel Xeon E5- 2670 v2,244GB mcmory,8×800 GB SSD) 耗时1406秒完成100TB 数据的排序，平均 速率达到4.27 TB/Min。

在此之前，2008年5月，雅虎利用Hadoop 赢得了TeraByte Sort ( 对 1TB 数据进行 排序)的第一名，耗时209秒(3.48分),比上一年的纪录保持者保持的297秒快了将近 90秒。当时 Hadoop 的集群配置为910个节点(4 dual-core processors,4 disks,8GB memory) 。 这是使用Java 语言编写的 Hadoop 大数据处理平台首次赢得曾经被关系数据库 系统占据的排序基准大赛。

**15.3 面向** **OLTP 应用的评测基准**

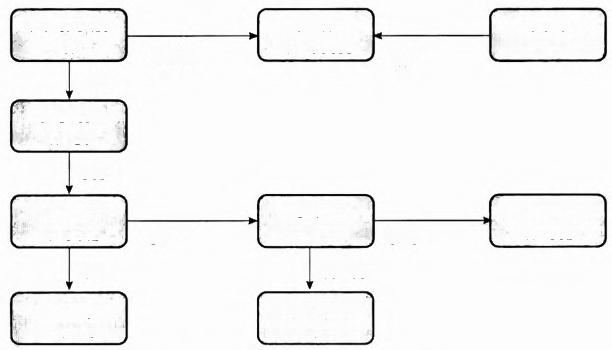
面向(LTP 应用的评测基准有TPC-C,TPC-W 以及TPC-E 等。这里重点介绍TPC- C 评测基准。

**15.3.1** **TPC-C** **标** **准**

TPC-C 标准于1992年7月被认可为新的评测基准。 TPC-C 是衡量联机事务处理 (Online Transaction Processing,(LTP) 系统性能的工业标准，是行业公认的权威的评 测基准。它通过模拟零售商的仓库和订单管理系统，全面测试数据库的各个功能点，包括 查询、更新、小批量 (Mini Batch) 事务处理能力，以及事务的隔离级别支持程度等。

**15.3.2 TPC-C的数据模型**

TPC-C 评测基准的数据模型如图15- 2所示。数据库由9个表组成，它们之间的关系 如图15-2的箭头所示。图中的W 代表仓库的数量，框中的数字表示该表存放的记录条 数，其中的K 代表1000。表格之间的连线表示1对多的关系，比如从仓库到库存的关系 “1对100K”关系，表示一个仓库对应100K 条库存信息，W 个仓库则对应W\*100K 条 库存信息。



Stock

W\*100K

W

10

District W\*10

3K

Order

W\*30K+ 0~1

10~15

Order-Line W\*300K+

Customer W\*30K

1+

History

**W\*30K+**

Item

100K(fixed)

Warehouse W

New-Order W\*5K

100K

1+

**图15-2** **TPC-C的数据模型**

注：椭圆框表示表格，椭圆框内为表名和记录数，箭头表示表格之间的1:n的关系。

Warehouse 为仓库表， Item 为商品表， Stock 为库存表， District 为地区表， Customer 为 客户表，History 为历史表， Order 为订单表， Order-Line 为订单明细表， New-Order 为新订 单表。进行评测时，通过调整仓库的数量，可以测试数据库处理不同数据规模的能力。

**15.3.3 TPC-C的负载**

TPC-C评测基准模拟了5种事务处理，分别为新订单 (New-Order) 、支付 (Pay- ment) 、 订单状态查询 (Order-Status) 、 发 货 (Delivery) 、 库存水平查询等 (Stock-Lev-

el) 。 通过这些事务处理，来模拟真实场景下的数据库操作。表15- 1总结了五种事务的内 容和特点。

**表15-1** **TPC-C的5个事务**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 事务 | 内容 | 特点 |
| 新订单  (New-Order) | 对于任意一个客户端，从固定的仓库随机选取5～15件 商品，创建新订单。其中1%的订单需要由假想的用户 操作失败而回滚。 | 中量级、读写、频繁、 要求响应快。 |
| 支付  (Payment) | 对于任意一个客户端，从固定的仓库随机选取一个辖 区及辖区内用户，采用随机的金额支付一笔订单，并 作相应历史记录。 | 轻量级、读写、频繁、 要求响应快。 |



续前表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 事务 | 内容 | 特点 |
| 订单状态查询  (Order-Status) | 对于任意一个客户端，从固定的仓库随机选取一个辖 区及辖区内用户，读取其最后一条订单，显示订单内 每件商品的状态。 | 中量级、只读、频率低、 要求响应快。 |
| 发货(Delivery) | 对于任意一个客户端，随机选取一个发货包，更新被 处理订单的用户余额，并把该订单从新订单中删除。 | 批量处理、读写、频率 低、较宽松的响应时间。 |
| 库存水平查询  (Stock-Level) | 对于任意一个客户端，从固定的仓库和辖区随机选取 最后20条订单，查看订单中所有的货物的库存。计算 并显示所有库存低于随机生成阈值的商品数量。 | 重量级、只读、频率低、 较宽松的响应时间。 |

注：轻量级、中量级、重量级表示事务操作的数据量，也就是操作的表格和记录的数量。

**15.3.4 TPC-C的性能指标**

对于联机事务处理系统，人们主要关心三个性能指标，分别是事务的吞吐量、事务的 响应时间以及系统的性能价格比。

在进行TPC-C 评测时，5种事务以一定的比例混合，由事务处理系统来执行，体现了 实际业务中事务的多样性和复杂度。系统的性能由tpmC(Transactions per Minute,tpm) 指标来衡量，C 指 TPC 中的C 基准程序。它的定义是每分钟时间内系统处理的新订单数 量。系统的性价比，单位是$/tpmC, 用系统的总价格(单位是美元)除以 tpmC 指标 得 出 。

**15.4** **面向OLAP应用的评测基准**

面向(LAP 应用的评测基准有 TPC-H,TPC-DS,SSB(Star Schema Benchmark) 等。这里重点介绍TPC-H 评测基准。

**15.4.1** **TPC-H** **标** **准**

TPC-H 评测基准的主要目的是用于评价数据仓库系统的决策支持能力。具体来讲， 它重点评测目标系统在分析处理、数据挖掘方面的能力。

**15.4.2 TPC-H的数据模型**

TPC-H 以商品销售的决策支持系统作为应用原型。它定义了8张表，22个查询(遵 循 SQL92 标准),其中TPC-H 的数据模型如图15-3所示。

图15-3中显示了每个表的表名及其字段的名称，其中加粗的字段是表格的主键字段

Part(P)

SF\*200000

**PartKey**

Name

Mfgr

Brand

Type

Size

Container RetailPrice

Comment

Supplier(S\_) SF\*10000

**SuppKey**

Name

Address

NationKey Phone

AcctBal

**Comment**

PartSupp(PS) SF\*800000

PartKey

**SuppKey**

AvailQty

SupplyCost Comment

Customer(C\_ SF\*150000

CustKey

Name

Address

NationKey Phone

AcctBal

MktSegment Comment

Nation(N\_) 25

**NationKey**

Name

RegionKey Comment

Lineltem(L) SF\*6000000

OrderKey

Partkey

SuppKey

LineNumber

Quantity

ExtendedPrice Discount

Tax

ReturnFlag LineStatus

ShipDate

CommitDate ReceiptDate ShipInStruct ShipMode

Comment

Region(R 5

**RegionKey Name**

**Comment**

Orders(O

SF\*1500000

OrderKey CustKey

OrderStatus TotalPrice OrderDate

OrderPriority Clerk

ShipPriority Comment

**图15-** **3** **TPC-H数据模型**

(Primary Key)。表名后边的括号里是每个表的字段名的前缀，比如 Region 表的前缀为 R\_, 则 Region 表的地区名字段的字段名为R\_NAME 。 表名的下边显示了每个表的记录 数 ，SF 是比例因子 (Scale Factor)。图中的箭头表示表之间的1对多的关系。

由于数据量的大小对查询速度有直接的影响， TPC-H 标准对数据库系统中的数据量

有严格明确的规定。用SF 描述数据量，1SF 对应1 GB 单 位 。SF 的取值，由低到高依次 是1,10,30,100,300,1000,3000,10000等。需要指出的是， SF 规定的数据量只 是8个基本表的数据量，不包括索引和临时表所占用的空间。

**15.4.3 TPC-H的** **负** **载**

聚集查询是决策支持系统的典型查询。数据仓库中的复杂查询可以分成两种类型： 一 种是预先知道的查询，如定期的业务报表；另一种则是事先未知的查询，称为即席查询 (Ad-Hoc Query) 。TPC-H的查询负载包含22个查询 (SELECT) 语句。每个 SELECT 语句经过严格定义，遵守SQL92 语法，不允许用户修改。

为了逼真地模拟数据仓库的实际应用环境，在22个查询执行的同时，还有一对更新 操 作RF1 和 RF2 并发地执行。 RF1 向 Order 表 和 Lineitem 表中插入原记录数的0 . 1%的 新记录，模拟新销售业务的数据加入到数据库中。 RF2 从 Order 表 和 Lineitem 表中删除 与 RF1 增加的数据等量的数据，模拟旧的销售数据被淘汰。 RF1 和 RF2 的执行必须保证 数据库的ACID 约束，并保持测试前后的数据库中的数据量不变。



15.4.4 3 个 测 试

TPC-H 测试分解为3个子测试，包括数据装载测试、 Power 测试和 Throughput 测试。

在建立数据仓库的过程中，一个重要的步骤是装载数据。装载测试的目的是测试目标 数据库系统装载数据的能力。

在数据装载测试之后，接着进行 Power 测试。在数据装载完成后，数据库处于初始 状态，未进行其他任何操作，特别是缓冲区还没有被数据库的数据填充的情况下，因此 称为 RAW 查询。Power 测试要求22个查询顺序执行1遍，同时执行一对 RF1 和 RF2 操作。

最后进行 Throughput 测试。Throughput 测试是最核心和最复杂的测试，它更接近于 实际应用环境。与Power 测试相比， Throughput 测试对目标系统 (System Under Tes- ting,SUT) 的压力大幅增加。Throughput 测试包含多个查询语句组 · 同时有一对RF1 和 RF2 更新流。

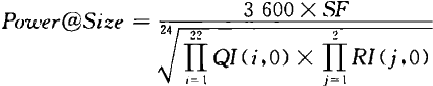
15.4.5 TPC-H的性能指标

TPC-H 的 SELECT 查询语句的复杂度超过大多数(LTP 应用的事务处理， 一个查询 语句的执行时间少则几十秒，多则以小时计。所有22个查询执行一遍，需要几个小时的 时间。

(1)数据装载时间。装载数据的全过程有记时操作和不记时操作之分。记时操作必须 测量其所用时间，并计入到数据装载时间中。需要记时的操作有建表、插入数据和建立索 引等操作。

(2)查询和更新时间。在 Power 测试和 Throughput 测试中，所有查询和更新流的响 应时间都必须记录下来。每个查询的响应时间的计时是从提交查询的第一个字符开始，到 获得查询结果最后一个字符为止。更新的响应时间要分别测量 RF1 更新和 RF2 更新的时 间，是从提交操作开始到完成操作为止。

(3)Power@Size 。Power@Size 是 Power 测试的结果，被定义为查询时间和更改时间 的几何平均值的倒数.计算公式为：



式中，Size 为数据规模；SF 为数据规模的比例因子：QI(i,0) 为第i 个查询的时间，以秒为 单位；RI(j,0) 为 RF, 更新的时间，以秒为单位。

(4)Throughput@Size 。Throughput@Size 是 Throughput 测试的结果，被定义为所 有查询执行时间平均值的倒数，其计算公式为：



式中，Size 为数据规模；S 为查询流的个数；Ts 为全部查询和更新执行所用总时间；SF 为 数据规模的比例因子。



在此基础上，计算QphH@size, 即每小时执行的查询数，作为系统的吞吐量指标。 *QphH@Size =√ Power@Size×Throughput@size*

(5)Price per QphH@size 。Price per QphH@size 即性价比，是TPC-H 评测基准的 指标之一。它的计算公式为：



式中，$为系统3年运行的总费用，包括硬件、软件、用户接口设备购置费用以及维护和 支持费用等。

15.4.6 数据生成器和查询负载生成器

TPC-H 标准的附录D, 给出了两个ANSI C 语言源程序包，即DBGEN 和 QGEN。 DBGEN 用于产生被测试数据，用户可以通过命令行参数，控制生成的数据量。 QGEN 用 于产生测试所需的22个SELECT 查询语句和RF1/RF2 两个更新操作。

15.4.7 TPC-DS简 介

新的数据仓库一般使用标准的数据仓库模型，包括星型模型和雪花模型。 TPC-H 评 测基准已经不能准确反映当今数据库系统的真实性能。于是， TPC 组织推出了新一代面 向决策应用的TPC-DS 基准。随着大数据时代的到来，Hadoop 等工具成为大数据处理的 标准工具，国内外各代表性的Hadoop 发行版厂商，多以TPC-DS 作为评测工具， TPC- DS逐渐成为公认的大数据系统评测基准之一。

TPC-DS 采用星型模型、雪花模型等多维数据模式。它包含7张事实表，17张维度 表，平均每张表含有18列属性。 TPC-DS 的工作负载包含99个SQL 查询，覆盖SQL99 和2003的核心功能以及OLAP 典型操作。每个测试案例分析的数据量大，试图回答真实 的商业问题，涵盖统计、报表生成、联机查询、数据挖掘等复杂查询与分析功能，几乎所 有的测试案例都有很高的 I/O)负载和CPU 计算需求。测试用的数据是有倾斜的，与真实 场景非常接近。TPC-H 与 TPC-DS 的对比见表15-2。

**表15-2** **TPC-H与TPC-DS的对比**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 对比项 | TPC-H | TPC-DS |
| 数据模型 | 8张表  符合关系模型的第三范式 | 24张表  关系模型、星型模型和雪花模型 |
| SQL标准 | SQL 92 | SQL99,SQL 2003,OLAP |
| 工作负载 | 22个SQL查询  统计、汇总功能 | 99个SQL查询  统计、报表生成、联机查询、数据挖掘 |
| 性能测试 | 评测基准健壮性差，通过物化视图、索 引可以提高性能 | 评测基准健壮性好，较为客观地反映系统的真 实性能 |



**15.5** **面向大数据应用的评测基准**

**15.5.1 面向数据服务的评测基准** **—** **—YCSB**

YCSB(Yahoo Cloud Serving Benchmark) 是雅虎公司开发并且开源的一款通用性能 测试工具。YCSB 的目的是通过预先定义的负载，评测各类SQL 和 NoSQL 产品(主要面 向 Key-Value 数据库)的数据服务 (Data Serving) 能力。

YCSB对常见的SQL 和 NoSQL 数据库提供内置的支持。利用这个工具，我们可以测 试 HBase,Cassandra,Azure,CouchDB,MongoDB.Voldemort,Redis 等 数 据 库 。 YCSB不仅安装使用简单，而且能自由扩展，以支持更多的数据库产品。

通过配置 Workload 文 件 ，YCSB 可以灵活地模拟不同的测试负载和读/写模式。主要 的负载类型如表15-3所示，负载规定了读/写操作的混合比例、操作的记录的大小等 参 数 。

**表15-3** **YCSB负载类型**

|  |  |
| --- | --- |
| 负载类型 | 读写比例或者查询特点 |
| Workload A-Update Heavy/更新密集 | 50%Read/50%Update |
| Workload A-Read Heavy/读取密集 | 95%Read/5%Update |
| Workload E-Short Scans/短扫描 | Scans of 1～100 records of size 1KB' |
| Workload E-Range Scans/范围查询 | Vary size of range scans' |
| Scale-up/纵向扩展 | Read heavy workload with varying hardware,for example,in- crease hardware,data size and workload proportionally |
| Elasticity/弹性加速比 | Run a read-heavy workload on 2 servers;add a 3th,then 4th, then 5th,then 6th server |

\*在一定硬件条件下，不断提高吞吐量.直到系统饱和.记录操作延迟和吞吐量的对应关系。

YCSB的运行过程分为两个阶段：(1)测试数据加载 (Loading) 阶段，用来加载测 试数据集；(2)执行操作 (Transaction) 的测试阶段，用来执行真正的操作。 YCSB Cli- ent 负责生成工作负载。

YCSB评测基准的指标包括：(1)平均延迟指标 (Average Latency), 指的是读取操 作和更新操作的平均响应时间，单位是毫秒 (ms) 。(2) 吞吐量指标 (Throughput), 它 的单位是每秒钟的操作数 (OPs/sec) 。 在进行系统评测以后，人们往往画出目标系统的 Average Latency和Throughput 对应曲线，以便对不同系统进行比较。

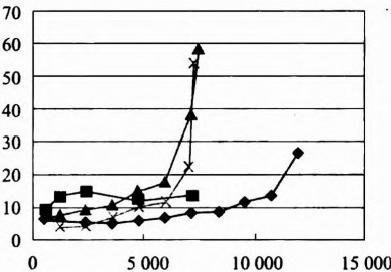
图15-4展示了在Cassandra,HBase,Sherpa,MySQL 等目标系统上执行更新密集 型 (Update Heavy) 负载的 Average Latency 和 Throughput 对应曲线。从图15-4中可 以观察到相同的吞吐量下各个系统的响应时间差别。 Cassandra针对写操作进行了优化，

因此它获得了更高的吞吐量和更低的延迟。 Sherpa ( 基 于MySQL) 和 MySQL 的性能接 近，两者都受到MySQL 处理能力的限制。 HBase 获得较好的写入延迟. 因为写人操作提 交到内存即可，但是其读取操作的延迟较高，因为需要从列存储上重建记录 (Reconstruct Record)。

Workload A-Update heavy

50/50 Read/update

Workload A-Read latency

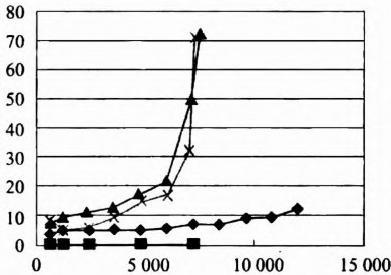


Average read latency(ms)

Throughput(ops/sec)

+Cassandra-HbaseSherpa-MySQL

Workload A-Update latency



Update latency(ms)

Throughput(ops/sec)



+Cassandra--HbaseSherpa\*MySQL

**图15-4** **Average Latency-Throughput 对应曲线**

资料来源：<https://zh.scribd.com/document/75193772/yesb-v4.>

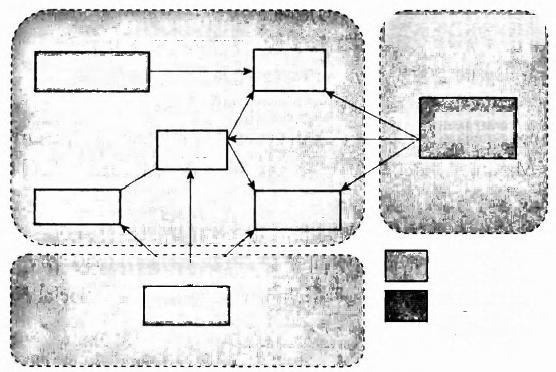
**15.5.2 面向大数据分析处理的评测基准——BigBench 和BigDataBench**

**1.BigBench**

经过三十几年，传统数据库评测基准的研究已经相当成熟。随着大数据应用的发展， 大数据评测基准的研究从2010年起逐渐兴起，大部分是对传统评测基准的裁剪、扩充和 综合。随着大数据应用在各行各业的发展，评测基准也需要不断与时俱进，照顾到各个行 业的业务特点。 BigBench 是一个面向大数据应用的端到端的评测基准，它基于 TPC-DS 开发，面向零售业务，模拟电子商务的整个流程。 BigBench 能够测试 Hadoop 等大数据处 理平台和RDBMS 的性能。

BigBench 包含两个关键的组件，即数据模型规范和负载/查询规范。(1)在数据模型 方面，结构化数据部分主要采用TPC-DS 的数据模型(做了调整),包含事实表 — — 销售 明 细 (Sales), 维表——市场价格 (Market Price)、商 品 (Item) 、 客 户 (Customer) 、 网 页 (Web Page) 等。在此基础上，增加了半结构化数据(网站点击日志 (Web Log)) 和 非结构化数据(用户对商品的评论 (Reviews)) 。BigBench 的数据模式如图15 - 5所示。

(2)在负载方面， BigBench 对 TPC-DS 的查询负载进行了裁剪以及扩充，总共包含30个 查询。



**Structured data**

Market price Item

Reviews

Sales

*Web Page* Customer

Semi-Structured data

Web Log

Adapted TPC-DS BigBench Specific

Un-Structured data

**图15-5** **BigBench 数据模式**

**2.BigDataBench**

BigDataBench 是中科院计算所开发的大数据评测工具。 BigDataBench 是一个全面的 大数据评测基准，覆盖实时分析、离线分析和在线服务等应用场景。它的数据模型包含结 构化数据、半结构化数据和非结构化数据，它的负载涵盖了基于云平台的 OLTP 服 务 (Cloud OLTP)、关系数据库查询、搜索引擎、社交网络和电子商务等负载类型。 Big- DataBench 提供了微测试 (Micro Benchmark), 对目标系统底层操作效率进行测试。

BigDataBench 是一款综合类测试工具，覆盖面广，考虑到不同应用类型，能够比较全 面地考察大数据平台执行不同类型任务的性能(需要使用到大数据平台的不同组件)。

BigDataBench 提供了保持原始数据特性的、以小规模真实数据生成大规模测试数据的 数据生成工具。包括文本数据、图数据和结构化表格等数据集，都可以通过该工具生成。

**15.5.3** **其他评测基准**

**1.Link Bench 简介**

Link Bench 是来自Facebook 公司的一个面向社交网络应用的评测基准，用于测试存 储社交网络数据和提供社交网络数据处理服务的数据库。它从数据特性、工作负载以及性 能度量等方面模拟Facebook 公司的图数据管理应用。

**2.Graph 500评测基准**

随着大数据时代的到来，大数据应用也逐渐成为超级计算机 (High Performance Computer) 的一类新的负载。当前，面向超级计算机的评测基准和性能指标 (Bench- marks and Performance Metrics), 不能完全评估超级计算机系统在数据密集型应用方面的 能力。比如Linpack, 仅适用于评估超级计算机的数值计算能力。人们急需一套新的评测 基准，以指导人们设计超级计算机的硬件架构和软件系统，让其更好地支持数据密集型应 用的处理要求。

图数据处理算法 (Graph Algorithm) 是一类重要的分析负载。在2010年11月17日 美国新奥尔良举行的SC(Super Computing)2010会议上，美国圣迭戈国家实验室与In- tel,IBM,AMD,NVIDIA 和 (racle 等合作定义并发布了一个新的评测基准Graph 500,

用于评测超级计算机在图数据处理方面的能力。目前，Graph 500的指导委员会已经集聚 了来自超过50个企业、学术组织以及国家实验室的 HPC (超级计算机)专家。

最开始，Graph 500 的指导委员会 (Steering Committee) 旨在研发一套评测基准，涵 盖三类图数据处理算法，包括并发查找 (Concurrent Search)、优化 (Optimization, 比 如 单源最短路径 (Single Source Shortest Path)) 以及面向边的 (Edge-Oriented) 算 法 ( 比 如最大独立子集 (Maximal Independent Set))。最新评测结果排行榜可以参见 <https://>

graph500.org/?page\_id=12。

在此基础上，他们将扩展这个评测基准，进一步评估超级计算机在5个使用图数据处 理算法的应用领域的性能，包括网络空间安全 (Cyber Security)、医疗信息学 (Medical Informatics) 、 数据扩充与增强 (Data Enrichment)、社交网络 (Social Network)、符号网 络 (Symbolic Network)。

**3.Hibench 简介**

Hibench ( 来 自Intel) 是针对Hadoop 平台和Hive 数据库的性能测试工具，其负载是 一个全面和综合的负载，它包括微测试 (Micro Benchmark)、文件系统测试 (HDFS Benchmark) 等面向系统底层性能的测试，还包括面向应用的网页搜索 (Web Search)、 机器学习 (Machine Learning) 以及深度数据分析 (Data Analytics) 等测试。HiTune 是 一款Hadoop 性能分析工具，它可以从各个节点收集性能数据，并且将这些数据进行汇 总，生成图形化的报告，让用户可以迅速将性能评测结果可视化，查看哪个节点出了问 题，进而做出调整。

**15.6** **思考题**

(1)评测基准的目的和作用。

(2)评测基准的构成。

(3)评测基准的分类。

(4)评测基准的选择。

(5)功能性评测基准及TeraSort。

(6)面向OLTP 的评测基准 TPC-C。

(7)面向OLAP 的评测基准 TPC-H。

(8)面向数据服务的评测基准YCSB。

(9)面向大数据分析处理的评测基准 BigBench。

(10)Link Bench,Hibench,BigDataBench,Graph 500 简介。