Hive简介

摘要

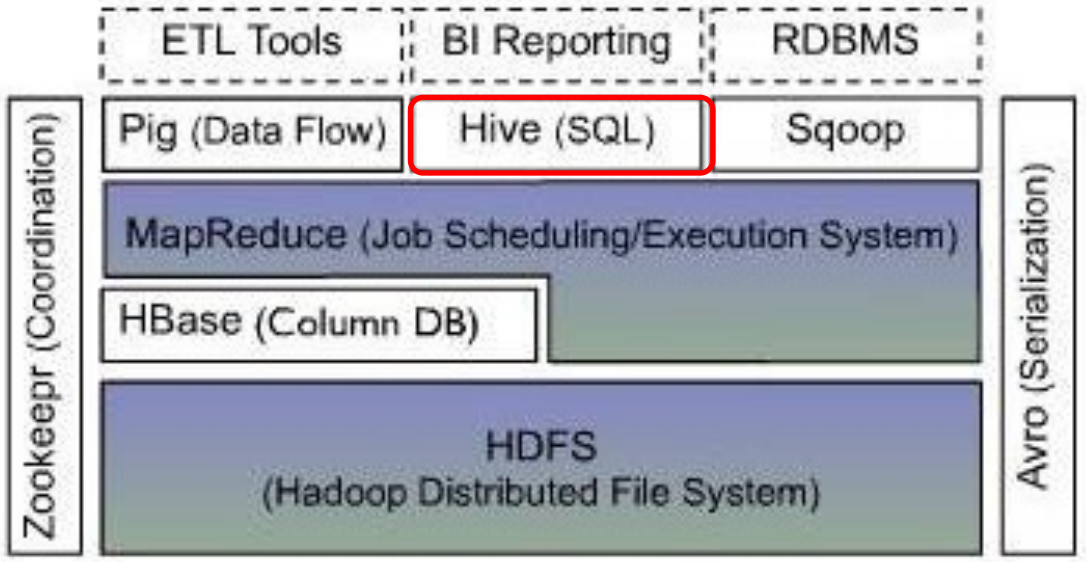
- Hive基本原理
- Hive基本操作

摘要

- Hive基本原理
- Hive基本操作

Hadoop生态

http://hive.apache.org



本次讲义先介绍Hive 2.x版本，后对比3.x版本的变化

Hive

- The Apache Hive ™ is a distributed, fault-tolerant data warehouse system that enables analytics at a massive scale and facilitates reading, writing, and managing petabytes of data residing in distributed storage using SQL.

使用Hadoop进行数据分析

- 通过前面的课程知道，很多分析任务可以通过Hadoop集群进行，即可以通过Hadoop集群将任务分布到数百甚至上千个节点中进行分析，通过并行执行缩短分析的时间
- Hadoop通过MapReduce的并行化方式进行并行处理，能够充分利用数目庞大的服务器节点
- 但是，MapReduce是一个底层的编程接口，对于数据分析人员来说，这个编程接口并不是十分友好，还需要进行大量的编程以及调试工作

在Hadoop上加入数据分析功能

- 显然，为了能够支持一个类似于SQL相关的数据查询语言，Hadoop还需要加入一些额外的模块才能够方便数据分析人员的使用，这些额外的模块包括：
  - 数据查询语言本身的定义与构造，这是与终端用户进行交互的接口，最简单的可以通过命令行接口的方式展开用户与系统的交互
  - 构造数据查询语言的执行引擎，即将上述的查询语言进行编译，并通过分布式的执行引擎完成查询，在Hive中，执行引擎会将查询语言翻译为多个MapReduce的任务序列，交给MapReduce程序去执行
  - 数据查询语言本身需要定义一套数据组织的格式

Hive简介

- Hive可以被认为是一种数据仓库，包括数据的存储以及查询
- Hive包括一个高层语言的执行引擎，类似于SQL的执行引擎
- Hive建立在Hadoop的其它组成部分之上，包括Hive依赖于HDFS进行数据保存，依赖于MapReduce完成查询操作
- Hive最初的开发由Facebook推动，在Facebook内部每天会搜集大量的数据，并需要在这些数据上进行大量分析
- 最初的分析是通过手工的python脚本形式进行
- 数据分析的数量十分巨大，在2006年每天需要分析数十个GB左右的数据，在2007年增长到大约TB的量级，现在数据分析的数量可能是这个数量的10倍

Hive是什么

- Hive是一个基于Apache Hadoop的数据仓库。对于数据存储与处理，Hadoop提供了主要的扩展和容错能力。
- Hive设计的初衷：对于大量的数据，使得数据汇总、查询和分析更加简单。它提供了SQL，允许用户简单地进行查询、汇总和数据分析。
- Hive的SQL给予了用户多种方式来集成自己的功能，然后做定制化的查询，例如用户自定义函数。

Hive优点

- 可扩展性：横向扩展，Hive 可以自由的扩展集群的规模，一般情况下不需要重启服务。
- 延展性：Hive 支持自定义函数，用户可以根据自己的需求来实现自己的函数。
- 良好的容错性：可以保障即使有节点出现问题，SQL 语句仍可完成执行。

Hive缺点

- Hive 不支持记录级别的增删改操作，但是用户可以通过查询生成新表或者将查询结果导入到文件中（新版本支持记录级别的插入操作）
- Hive 的查询延时很严重，因为 MapReduce Job的启动过程消耗很长时间，所以不能用在交互查询系统中。
- Hive不是为在线事务处理而设计，所以主要用来做 OLAP（联机分析处理），而不是 OLTP（联机事务处理）。它最适合用于传统的数据仓库任务。

RDBMS vs Hive

- Hive和关系数据库存储文件的系统不同，Hive使用的是Hadoop的HDFS，关系数据库则是服务器本地的文件系统；
- Hive使用的计算模型是MapReduce，而关系数据库则是自己设计的计算模型；
- 关系数据库都是为实时查询的业务进行设计的，而Hive则是为海量数据做数据挖掘设计的，实时性很差；实时性的区别导致Hive的应用场景和关系数据库有很大的不同；
- Hive很容易扩展自己的存储能力和计算能力，这个是继承Hadoop的，而关系数据库在这个方面要比数据库差很多。

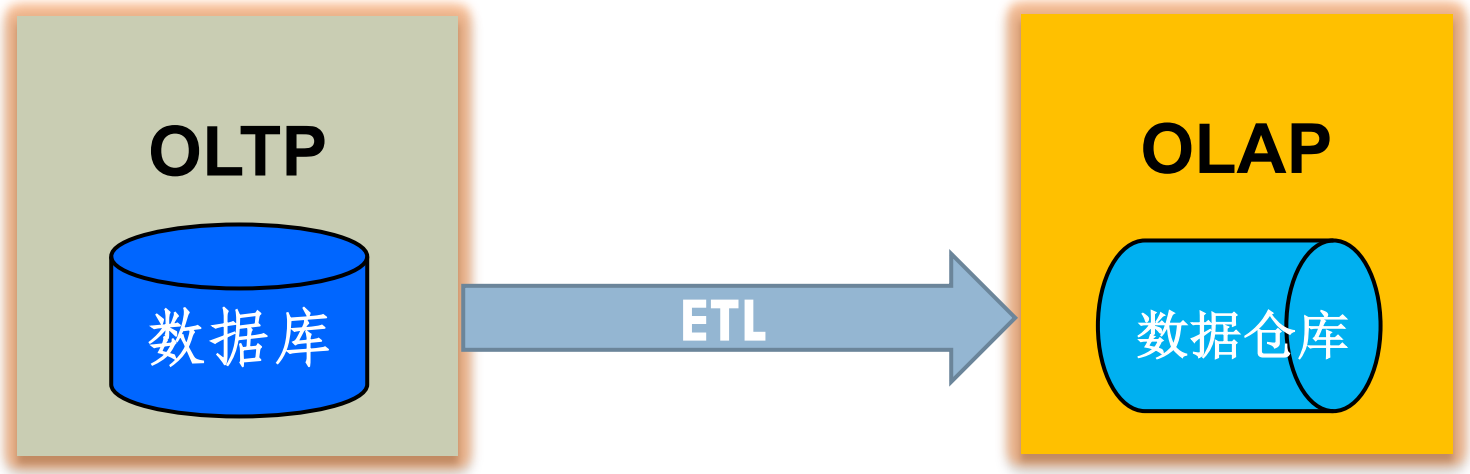
RDBMS vs Hive

对比项	Hive	RDBMS
查询语言	HQL	SQL
数据存储	HDFS	Raw Device or Local FS
执行器	MapReduce	Executor
数据插入	支持批量导入/单条插入	支持单条或者批量导入
数据操作	覆盖追加	行级更新删除
处理数据规模	大	小
执行延迟	高	低
分区	支持	支持
索引	0.8 版本之后加入简单索引	支持复杂的索引
扩展性	高（好）	有限（差）
数据加载模式	读时模式（快）	写时模式（慢）
应用场景	海量数据查询	实时查询

Hive 具有 SQL 数据库的外表，但应用场景完全不同，**Hive 只适合用来做海量离线数据统计分析，也就是数据仓库。**

HBase vs Hive

- HBase和Hive在大数据架构中处在不同位置，HBase主要解决实时数据查询问题，Hive主要解决数据处理和计算问题，一般是配合使用。
  - HBase主要针对的是OLTP应用
  - Hive主要针对的是OLAP应用



HBase vs Hive

- 区别
  - HBase： 基于Hadoop的NoSQL数据库，主要适用于海量明细数据（十亿、百亿）的随机实时查询，如日志明细、交易清单、轨迹行为等。
  - Hive：基于Hadoop的数据仓库，严格来说，不是数据库，主要是让开发人员能够通过SQL来计算和处理HDFS上的结构化数据，适用于离线的批量数据计算。
    - 通过元数据来描述Hdfs上的结构化文本数据，通俗点来说，就是定义一张表来描述HDFS上的结构化文本，包括各列数据名称，数据类型是什么等，方便我们处理数据，当前很多SQL ON Hadoop的计算引擎均用的是hive的元数据，如Spark SQL、Impala等；
    - 通过SQL来处理和计算HDFS的数据，Hive将SQL翻译为MapReduce来处理数据。

HBase vs Hive

- 区别
  - Hive中的表是纯逻辑表，就只是表的定义等，即表的元数据。Hive本身不存储数据，它完全依赖HDFS和MapReduce。这样就可以将结构化的数据文件映射为为一张数据库表，并提供完整的SQL查询功能，并将SQL语句最终转换为MapReduce任务进行运行。而HBase表是物理表，适合存放非结构化的数据。
  - Hive是基于MapReduce来处理数据,而MapReduce处理数据是基于行的模式；HBase处理数据是基于列的而不是基于行的模式，适合海量数据的随机访问。

HBase vs Hive

- 区别
  - HBase的表是疏松的存储的，因此用户可以给行定义各种不同的列；而Hive表是稠密型，即定义多少列，每一行有存储固定列数的数据。
  - Hive使用Hadoop来分析处理数据，而Hadoop系统是批处理系统，因此不能保证处理的低迟延问题；而HBase是近实时系统，支持实时查询。
  - Hive不提供row-level的更新，它适用于大量append-only数据集（如日志）的批任务处理。而基于HBase的查询，支持和row-level的更新。
  - Hive提供完整的SQL实现，通常被用来做一些基于历史数据的挖掘、分析。而HBase不适用与有join，多级索引，表关系复杂的应用场景。

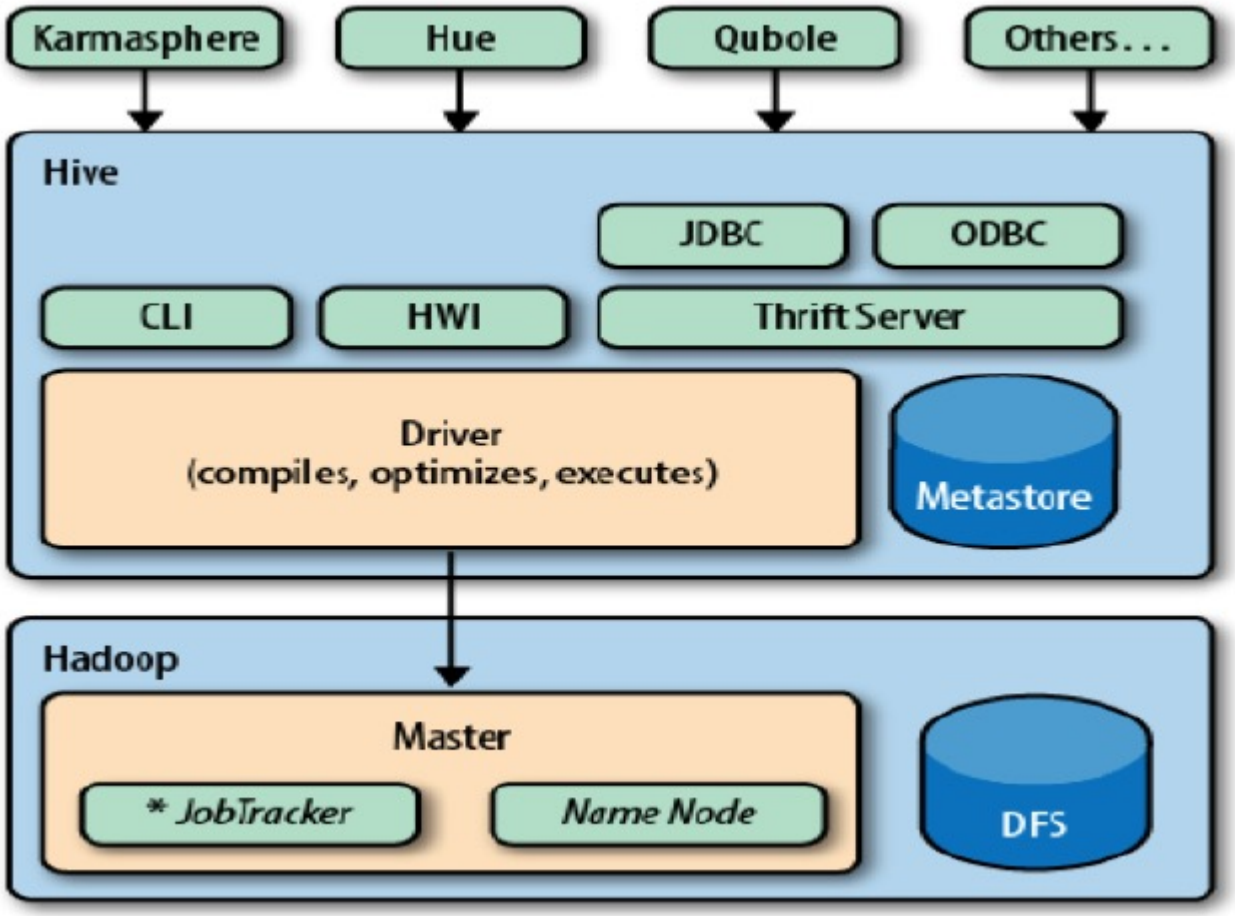
HBase vs Hive

- 关系
  - 在大数据架构中，两者是协作关系，数据流一般如下图：
    - 通过ETL工具将数据源抽取到HDFS存储；
    - 通过Hive清洗、处理和计算原始数据；
    - Hive清洗处理后的结果，如果是面向海量数据随机查询场景的可存入HBase；
    - 数据应用从HBase查询数据。

Hive的应用范围举例

- 日志分析：在互联网公司中，每天会产生大量的日志数据，分析这些日志数据是每天都需要进行的重要工作；日志分析可以优化系统，可以获知用户行为，也可以获知数据的统计信息
- 数据挖掘：通过对结构化数据的挖掘，能够获得原先使用者没有意识到的信息
- 文档索引：可以对一系列文档进行分析，并形成文档的索引结构，不一定是完整的倒排表，可能是关联信息的索引
- 商业智能信息处理：可以对商业信息进行查询分析，从中可以获得一些智能决策的信息
- 即时查询以及数据验证：数据分析人员可能临时需要验证数据的特性，需要查询引擎迅速进行数据统计分析

Hive的体系结构


Karmasphere
Hue
Qubole
Others...
Hive
JDBC
ODBC
CLI
HWI
Thrift Server
Driver
(compiles, optimizes, executes)
Metastore
Hadoop
Master
* JobTracker
Name Node
DFS

Hive的组成模块(1)

- **Driver组件**：核心组件，整个Hive的核心。该组件包括Complier、Optimizer和Executor，它的作用是将我们写的HQL语句进行解析、编译优化，生成执行计划，然后调用底层的MapReduce计算框架。
  - Compiler：Hive需要一个编译器，将HiveQL语言编译成中间表示，包括对于HiveQL语言的分析，执行计划的生成等工作
  - Optimizer：进行优化
  - Executor：执行引擎，在Driver的驱动下，具体完成执行操作，包括MapReduce执行，或者HDFS操作，或者元数据操作

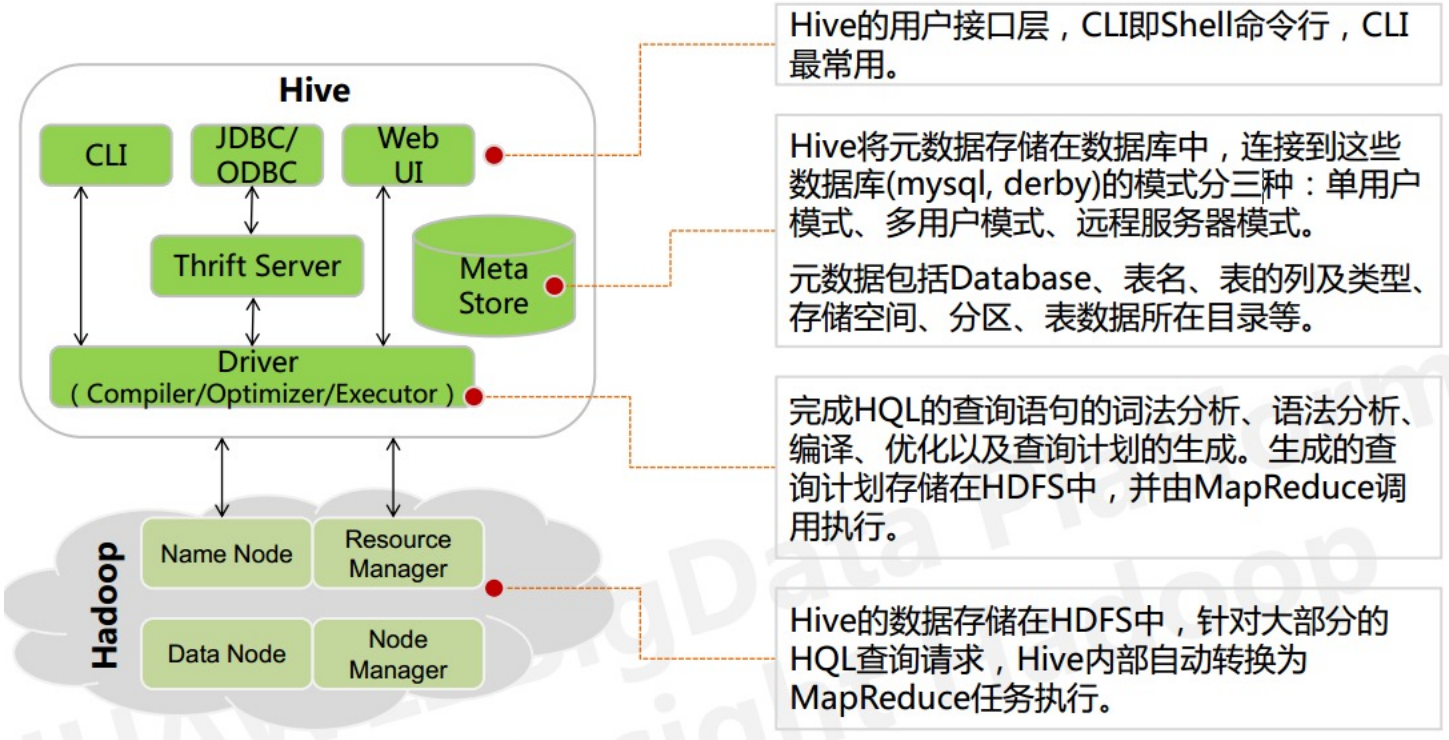
Hive的组成模块(2)

- **Metastore组件**：数据服务组件，用以存储Hive的元数据：存储操作的数据对象的格式信息，在HDFS中的存储位置的信息以及其他的用于数据转换的信息SerDe等。Hive的元数据存储在关系数据库里，Hive支持的关系数据库有derby、mysql。
- **CLI组件**：Command Line Interface，命令行接口。
- **ThriftServers**：提供JDBC和ODBC接入的能力，它用来进行可扩展且跨语言的服务的开发，Hive集成了该服务，能让不同的编程语言调用Hive的接口。
- **Hive WEB Interface（HWI）**：Hive客户端提供了一种通过网页的方式访问hive所提供的服务。这个接口对应Hive的HWI组件（hive web interface）

Hive的组成模块(3)

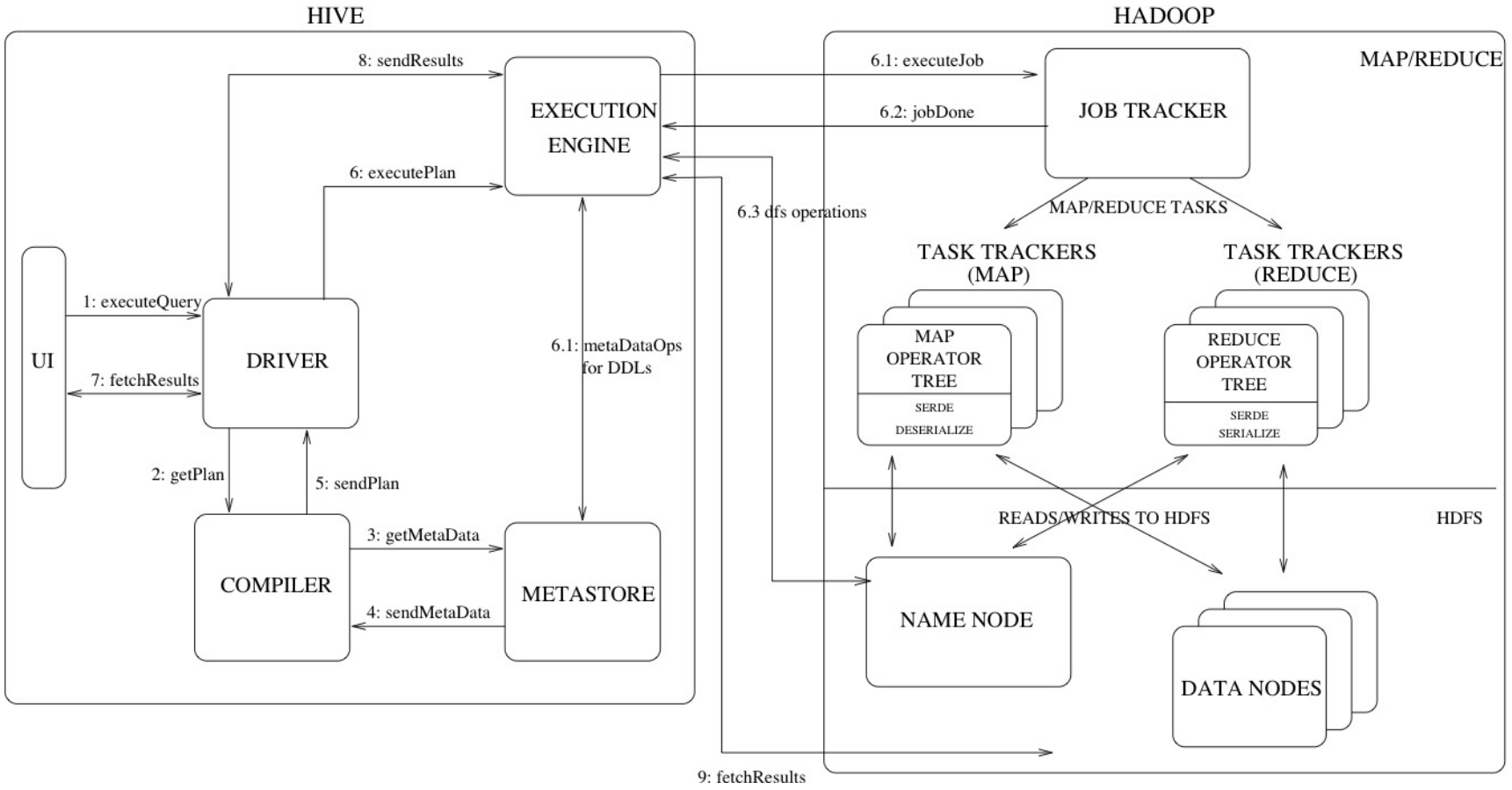
- HiveQL：这是Hive的数据查询语言，与SQL非常类似。Hive提供了这个数据查询语言与用户的接口，包括一个shell的接口，可以进行用户的交互以及网络接口与JDBC接口。JDBC接口可以用于编程，与传统的数据库编程类似，使得程序可以直接使用Hive功能而无需更改。

Hive的执行流程简单示意图



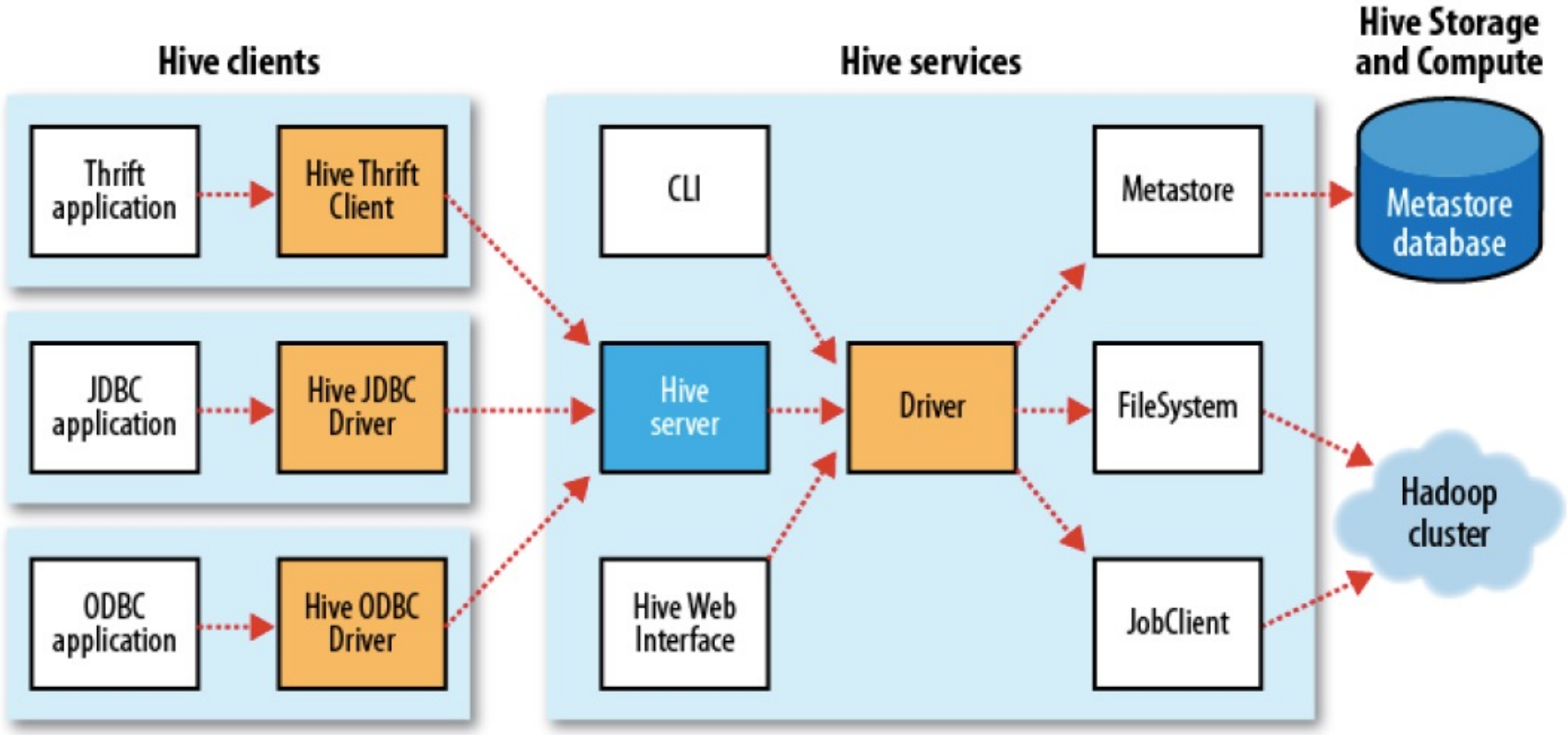
Hive 将通过CLI接入，JDBC/ODBC接入，或者HWI接入的相关查询，通过Driver(Complier、Optimizer和Executor)，进行编译，分析优化，最后变成可执行的MapReduce。

Hive的执行流程



https://cwiki.apache.org/confluence/display/Hive/Design#Design-HiveArchitecture

Hive客户端



通过将Hive运行为服务器hive --service hiveservice可以启动一个服务，而后可以通过不同的客户端连接到这个服务去访问Hive提供的功能。

Hive客户端

- Thrift客户端：被绑定在多种语言中，包括C++，Java，PHP，Python以及Ruby等
- JDBC驱动：提供纯Java的JDBC驱动，连接字符串类似于jdbc:hive://host:port/dbname，除非使用了嵌入的模式，否则JDBC模式的驱动访问了Thrift服务器
- ODBC驱动：与JDBC类似，但尚未成熟

Hive的数据模型

- 每一个类似于数据库的系统都首先需要定义一个数据模型，然后才是在这个数据模型之上的各种操作
- Tables（表）：Hive的数据模型由数据表组成。数据表中的列是有类型的（int, float, string, data, boolean）也可以是复合的类型，如list, map （类似于JSON形式的数据）
- Partitions（分区）：数据表可以按照一定的规则进行划分Partition。例如，通过日期的方式将数据表进行划分
- Buckets（桶）：数据存储的桶。在一定范围内的数据按照Hash的方式进行划分（这对于数据的抽样以及对于join的优化很有意义）

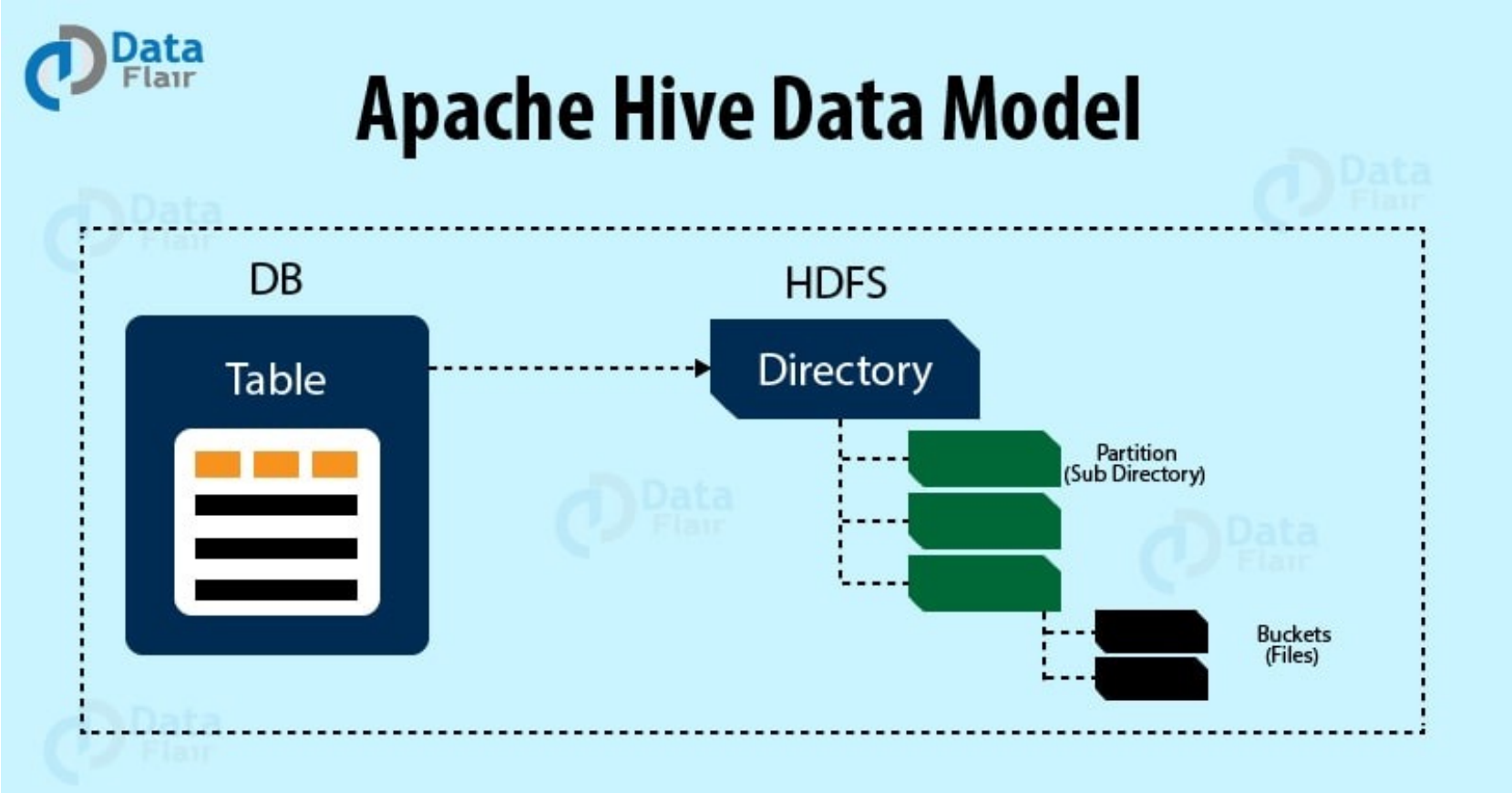
表

- Hive 表跟关系数据库里面的表类似。逻辑上，数据是存储在 Hive 表里面的，而表的元数据描述了数据的布局。我们可以对表执行过滤，关联，合并等操作。在 Hadoop 里面，物理数据一般是存储在 HDFS 的，而元数据是存储在关系型数据库的。
- 当我们在 Hive 创建表的时候，Hive 将以默认的方式管理表数据，也就是说，Hive 会默认把数据存储到 /user/hive/warehouse 目录里面。除了内部表，我们可以创建外部表，外部表需要指定数据的目录。

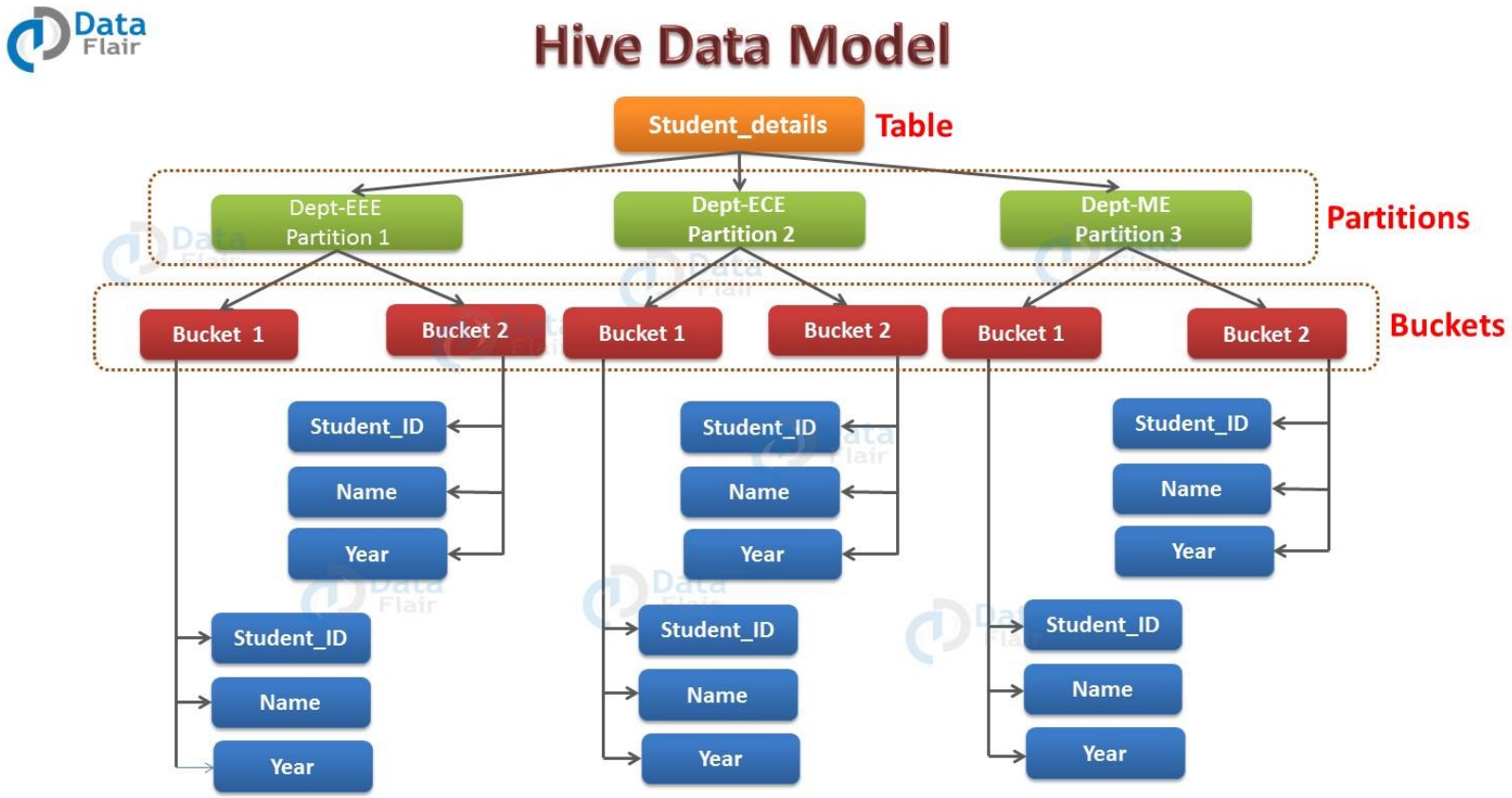
数据的物理分布情况

- Hive在HDFS中有固定的位置，通常被放置在HDFS的如下目录中：/user/hive/warehouse
- 每个数据表被存放在warehouse的子目录中。进一步来说，数据划分Partition、数据桶Buckets形成了数据表的子目录
- 数据可能以任意一种形式存储，例如：
  - 使用分隔符的文本文件，或者是SequenceFile
  - 使用用户自定义的SerDe，则可以定义任意格式的文件

Hive的数据模型


Data Flair
Apache Hive Data Model
DB
HDFS
Table
Directory
Partition
(Sub Directory)
Buckets
(Files)

Hive的数据模型


Hive Data Model
Student_details
Table
Dept-EEE
Partition 1
Dept-ECE
Partition 2
Dept-ME
Partition 3
Partitions
Bucket 1
Bucket 2
Bucket 1
Bucket 2
Bucket 1
Bucket 2
Buckets
Student_ID
Name
Year
Student_ID
Name
Year
Student_ID
Name
Year
Student_ID
Name
Year
Student_ID
Name
Year
Student_ID
Name
Year

分区

- 为了提高查询数据的效率，Hive提供了表分区机制。分区表基于分区键把具有相同分区键的数据存储在一个目录下，在查询某一个分区的数据的时候，只需要查询相对应目录下的数据，而不会执行全表扫描，也就是说，Hive在查询的时候会进行分区剪裁。每个表可以有一个或多个分区键。

桶

- Hive可以对每一个表或者是分区，进一步组织成桶，也就是说桶是更为细粒度的数据范围划分。Hive是针对表的某一列进行分桶。Hive采用对表的列值进行哈希计算，然后除以桶的个数求余的方式决定该条记录存放在哪个桶中。分桶的好处是可以获得更高的查询处理效率，使取样更高效。

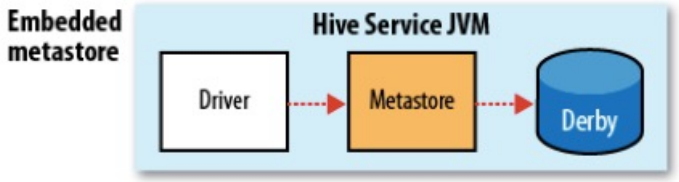
元数据存储：metastore

- 在Hive中由一系列的数据表格组成一个命名空间，关于这个命名空间的描述信息会保存在metastore的空间中
- 元数据使用SQL的形式存储在传统的关系数据库中，因此可以使用任意一种关系数据库，例如Derby（Apache的关系数据库实现），MySQL以及其他的多种关系数据库存储方法
- 在数据库中，保存最重要的信息是有关数据库中的数据表格描述，包括每一个表的格式定义，列的类型，物理的分布情况，数据划分情况等

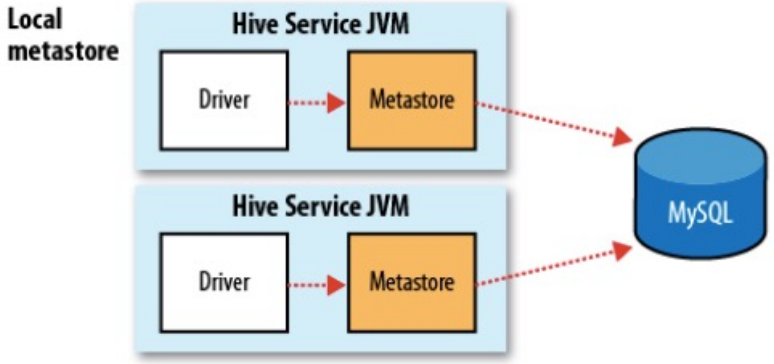
metastore

- metastore包括两个部分：服务和后台的数据存储
  - Embedded metastore: 默认使用内嵌的Derby数据库实例，每次只能打开一个Hive会话
  - Local metastore: 可以使用运行在一个进程中的metastore进程来访问独立的数据库，可通过JDBC进行设置具体的数据库访问
  - Remote metastore: 一个或者多个metastore服务器和Hive服务运行在不同的进程内

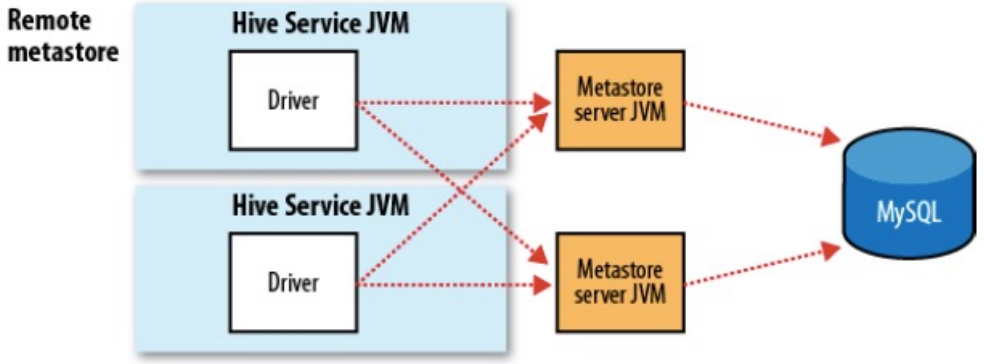
metastore的配置情况



默认情况下，metastore 服务和 Hive 的服务运行在同一个 JVM 中，包含了一个内嵌的以本地磁盘作为存储的Derby（ Hive 自带的数据库）数据库实例。



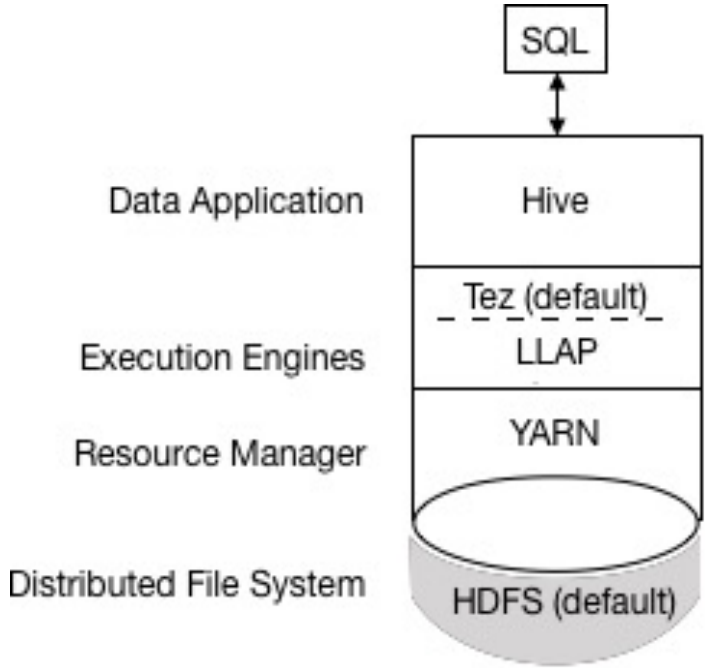
任何 JDBC 兼容的数据库都可以通过 javax.jdo.option.* 配置属性来供 metastore 使用。



通过 hive.metastore.uris 设置为 metastore 服务器 URI（如果有多个服务器，可以用逗号分割），把 hive 服务设为使用远程 metastore 服务器的URI的格式为：thrift://host:port。

Hive 3.x变化

- 执行引擎更改
  - Apache Tez成为默认的Hive执行引擎。通过有向无环图（DAG）和数据传输原语的表达式，在Tez下执行Hive查询可以提高性能。



1. Hive编译查询。
2. Tez执行查询。
3. YARN为群集中的应用程序分配资源，并为YARN队列中的Hive作业启用授权。
4. Hive根据表类型更新HDFS或Hive仓库中的数据。
5. Hive通过JDBC连接返回查询结果。

Hive 3.x变化

- 设计影响安全性的更改
  - 默认情况下，Hadoop 3.0 Ambari安装添加了Apache Ranger安全服务。Hive的主要授权模型是Ranger。此模型仅允许Hive访问HDFS。Hive强制执行Ranger中指定的访问控制。此模型提供比其他安全方案更强的安全性以及更灵活的策略管理。
- HDFS权限更改
  - HDFS访问控制列表（ACL）是HDFS中权限系统的扩展。Hadoop 3.0默认打开HDFS中的ACL，在为多个组和用户提供特定权限时，可以提高灵活性方便地将权限应用于目录树而不是单个文件。

Hive 3.x变化

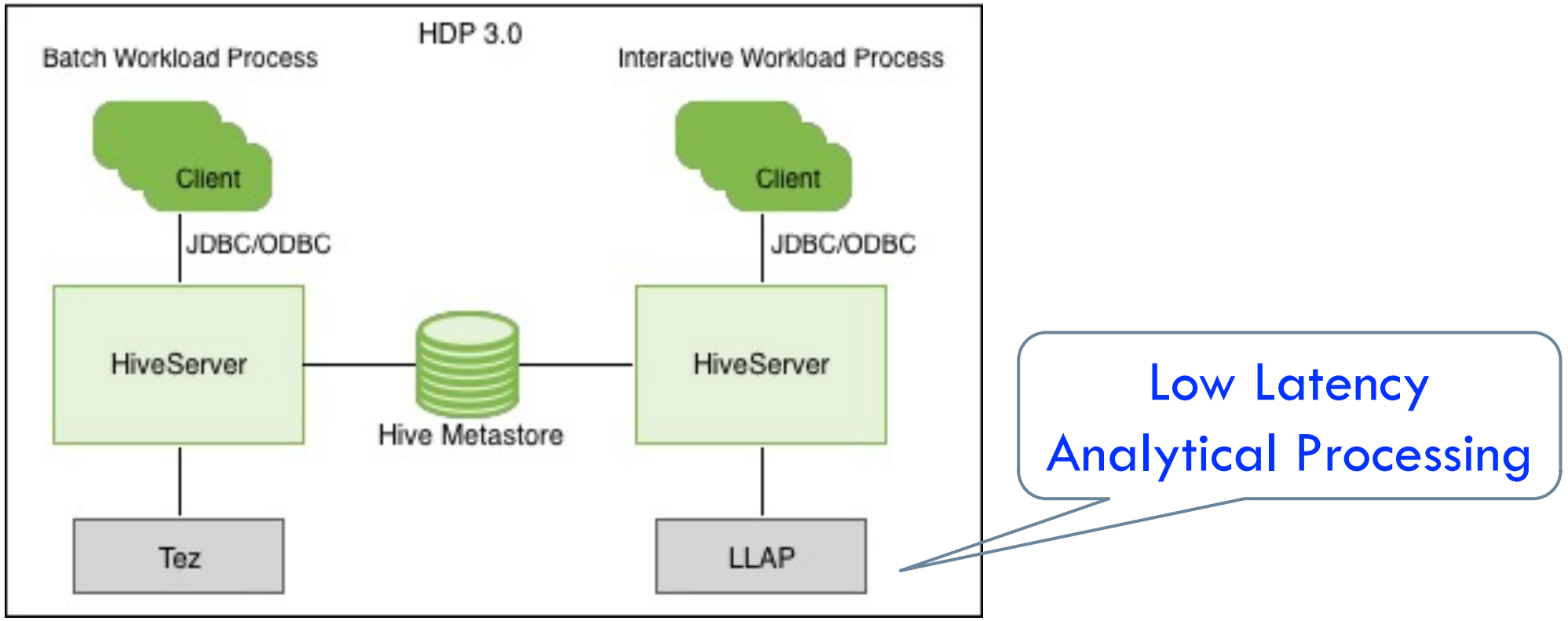
- 交易处理变更 ACID v2，对很多事务的特性进行了优化升级，使之更接近于关系型数据库。
  - 使用ACID语义修改现有Hive表数据，包括insert, update, delete, merge
  - 支持数据库四大特性ACID
  - 允许在使用长时间运行的分析查询同时进行并发更新
  - 使用MVCC(Multi-Version concurrency Control)架构

Hive 3.x变化

- 客户端
  - Hive 3仅支持瘦客户端Beeline，用于从命令行运行查询和Hive管理命令。Beeline使用与HiveServer的JDBC连接来执行所有命令。
  - Hive客户端的更改要求使用grunt命令行来使用Apache Pig。
  - HiveServer现在使用远程而不是嵌入式Metastore。
- Spark目录更改
  - Spark和Hive现在使用独立的目录来访问相同或不同平台上的Spark SQL或Hive表。Spark创建的表驻留在Spark目录中。Hive创建的表位于Hive目录中。虽然是独立的，但这些表互操作。
  - 可以使用HiveWarehouseConnector从Spark访问ACID和外部表。

Hive 3.x变化

- 批处理和交互式工作负载的Hadoop 3.0查询执行体系结构



摘要

- Hive基本原理
- Hive基本操作

Hive的安装和配置

- 下载 https://dlcdn.apache.org/hive/
- 版本
  - 2.3.9 June 9, 2021 (stable-2) works with Hadoop 2.x.y
  - 3.1.3 April 08, 2022 works with Hadoop 3.x.y
  - 4.0.0-beta-1 August 14, 2023 works with Hadoop 3.x.y

Hive的安装和配置

- 前提
  - mysql及驱动（也可以用自带的derby数据库）
- 安装
  - 解压
  - 配置hive-env.sh
    - HADOOP_HOME
  - 配置hive-site.xml
    - 关系数据库的相关属性

Hive的安装和配置

- 要想Hive使用HDFS进行数据仓库的存储，使用MapReduce进行HQL语言的执行，需要进行相应的配置。
  - hive-env.sh
    - Set HADOOP_HOME
  - hive-site.xml (hive-default.xml.template)
    - 元数据仓库

```
<property>
  <name>javax.jdo.option.ConnectionURL</name>
  <value>jdbc:derby:;databaseName=metastore_db;create=true</value>
</property>
```

    - 元数据文件目录

```
<property>
  <name>hive.metastore.warehouse.dir</name>
  <value>/user/hive/warehouse</value>
</property>
```

如果选择的是mysql数据库，要先安装mysql，并且将mysql的驱动包放入hive的lib文件夹

启动Hive的命令行界面shell

- 完成Hive系统的合适配置之后，打开任意一个命令行界面，执行下面的命令就可以启动hive的界面
- $cd /hive/install/directory进入hive的安装目录
- $bin /hive 如果已经将hive加入到执行路径，则可以直接执行hive即可
- 执行成功的话，我们就可以看到hive的主界面hive>
- 等待用户输入查询命令

注意：在运行hive前要先确保Hadoop已经启动（start-dfs, start-yarn）和配置的关系数据库（derby或mysql）已经启动并完成初始化：

$HIVE_HOME/bin/schematool -dbType derby -initSchema

Hive QL

- Hive主要支持以下几类操作：
  - DDL：数据定义语句，包括CREATE, ALTER, SHOW, DESCRIBE, DROP等
  - DML：数据操作语句，包括LOAD DATA, INSERT。Hive的设计中没有考虑UPDATE操作。
  - QUERY：数据查询语句，主要是SELECT语句。

创建数据表的命令

- 显示所有的数据表
  - hive> show tables;
- 创建一个表，这个表包括两列，分别是整数类型以及字符串类型，使用文本文件表达
  - hive> CREATE TABLE pokes (foo INT, bar STRING);
  - hive> CREATE TABLE invites (foo INT, bar STRING) PARTITIONED BY (ds STRING);
  - hive> CREATE TABLE Shakespeare (freq int, word string)

    row format delimited fields terminated by '\t'

    stored as textfile; //定义这张表使用的数据文件格式，这里指定为txt类型

描述数据表的命令

- 显示所创建的数据表的描述，即创建时候对于数据表的定义
  - hive> DESCRIBE invites;
- 修改表的语句
  - hive> ALTER TABLE pokes ADD COLUMNS (new_col INT);
  - hive> ALTER TABLE invites ADD COLUMNS (new_col2 INT COMMENT 'a comment');
  - hive> ALTER TABLE invites REPLACE COLUMNS (foo INT, bar STRING, baz INT COMMENT 'baz replaces new_col2');

装入数据

- 数据装入到Hive中
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH './examples/files/kv1.txt' OVERWRITE INTO TABLE pokes;
- NOTES
  - If the 'OVERWRITE' keyword is omitted, data files are appended to existing data sets.
  - NO verification of data against the schema is performed by the load command.
  - If the file is in hdfs, it is moved into the Hive-controlled file system namespace.

装入数据

- 分区
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH './examples/files/kv2.txt' OVERWRITE INTO TABLE invites PARTITION (ds='2008-08-15');
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH './examples/files/kv3.txt' OVERWRITE INTO TABLE invites PARTITION (ds='2008-08-08');
- 从HDFS装入数据
  - hive> LOAD DATA INPATH '/user/myname/kv2.txt' OVERWRITE INTO TABLE invites PARTITION (ds='2008-08-15');

SELECTS and FILTERS

- hive> SELECT a.foo FROM invites a WHERE a.ds='2008-08-15';
- hive> SELECT a.foo FROM invites a WHERE a.ds='2008-08-15' sort by a.foo asc limit 10;
- hive> INSERT OVERWRITE DIRECTORY '/tmp/hdfs_out'

  SELECT a.* FROM invites a WHERE a.ds='2008-08-15';
- hive> INSERT OVERWRITE LOCAL DIRECTORY '/tmp/local_out' SELECT a.* FROM pokes a;

Group By

- Group by通常和聚合函数一起使用，按照一个或者多个列进行分组，然后对每个组进行聚合操作。
- hive> INSERT OVERWRITE TABLE events

  SELECT a.bar, count(*)

  FROM invites a

  WHERE a.foo > 0 GROUP BY a.bar;

Group By

- 聚合函数

返回类型	签名	描述
BIGINT	count(*), count(expr),	count(*) - 返回检索行的总数。
DOUBLE	sum(col), sum(DISTINCT col)	返回该组或该组中的列的不同值的分组和所有元素的总和。
DOUBLE	avg(col), avg(DISTINCT col)	返回上述组或该组中的列的不同值的元素的平均值。
DOUBLE	min(col)	返回该组中的列的最小值。
DOUBLE	max(col)	返回该组中的列的最大值。

Join

- Join主要对两个表通过两个相同的字段进行连接，并查询相关的结果。
- hive> SELECT t1.bar, t1.foo, t2.foo
  FROM pokes t1 JOIN invites t2 ON
  t1.bar = t2.bar;

排序

- order by
  - 全局排序，只有一个reducer
  - ASC：升序（默认）；DESC：降序
  - hive> select * from emp order by sal desc;　　//查询员工信息按工资降序排列
  - 在严格模式下（set hive.mapred.mode = strict），order by 必须要和 limit 一起用，否则是会报错的。Hive 一般默认使用的是非严格模式（set hive.mapred.mode=nonstrict）
- sort by
  - sort by为每个reducer产生一个排序文件，首先要设置reducer个数(>1)。 sort by只会保证每个reducer的输出有序，并不保证全局有序。
  - hive> set mapreduce.job.reducers=3;
  - hive> select * from emp sort by deptno desc;　　//根据部门编号降序查看员工信息

排序

- distribute by
  - 在有些情况下，我们需要控制某个特定行应该到哪个reducer，通常是为了进行后续的聚集操作。distribute by 子句可以做这件事。distribute by类似MR中partition（自定义分区），进行分区，结合sort by使用。distribute by 的分区规则是根据分区字段的 hash 码与 reduce 的个数进行模除后， 余数相同的分到一个区。
  - DISTRIBUTE BY 语句要写在 SORT BY 语句之前。
  - hive> set mapreduce.job.reducers=3;
  - hive> insert overwrite local directory '/opt/module/data/distribute-result' select * from emp distribute by deptno sort by empno desc; //先按照部门编号分区，再按照员工编号降序排序。

排序

- cluster by
  - 当distribute by和sort by字段相同时，可以使用cluster by方式。
  - cluster by除了具有distribute by的功能外还兼具sort by的功能。但是排序只能是升序排序，不能指定排序规则为ASC或者DESC。
  - hive> select * from emp cluster by deptno;　//先按照部门编号分区并按升序排序
  - 等同于
  - hive> select * from emp distribute by deptno sort by deptno;

Hive: Example

- Hive looks similar to an SQL database
- Relational join on two tables:
  - Table of word counts from Shakespeare collection
  - Table of word counts from the bible

```
SELECT s.word, s.freq, k.freq FROM shakespeare s
  JOIN bible k ON (s.word = k.word) WHERE s.freq >= 1 AND k.freq >= 1
  ORDER BY s.freq DESC LIMIT 10;
```

the	25848	62394
I	23031	8854
and	19671	38985
to	18038	13526
of	16700	34654
a	14170	8057
you	12702	2720
my	11297	4135
in	10797	12445
is	8882	6884

Source: Material drawn from Cloudera training VM

Hive: Example

- Hive looks similar to an SQL database
- Relational join on two tables:
  - Table of word counts from Shakespeare collection
  - Table of word counts from the bible

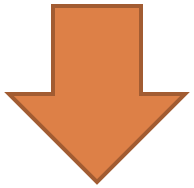
```
SELECT s.word, s.freq, k.freq FROM shakespeare s
  JOIN bible k ON (s.word = k.word) WHERE s.freq >= 1 AND k.freq >= 1
  ORDER BY s.freq DESC LIMIT 10;
```

the	25848	62394
I	23031	8854
and	19671	38985
to	18038	13526
of	16700	34654
a	14170	8057
you	12702	2720
my	11297	4135
in	10797	12445
is	8882	6884

Source: Material drawn from Cloudera training VM

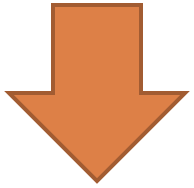
Hive: Behind the Scenes

```
SELECT s.word, s.freq, k.freq FROM shakespeare s
  JOIN bible k ON (s.word = k.word) WHERE s.freq >= 1 AND k.freq >= 1
  ORDER BY s.freq DESC LIMIT 10;
```



(Abstract Syntax Tree)

```
(TOK_QUERY (TOK_FROM (TOK_JOIN (TOK_TABREF shakespeare s) (TOK_TABREF bible k) (= (. (TOK_TABLE_OR_COL s)
word) (. (TOK_TABLE_OR_COL k) word)))) (TOK_INSERT (TOK_DESTINATION (TOK_DIR TOK_TMP_FILE)) (TOK_SELECT
(TOK_SELEXPR (. (TOK_TABLE_OR_COL s) word)) (TOK_SELEXPR (. (TOK_TABLE_OR_COL s) freq)) (TOK_SELEXPR (.
(TOK_TABLE_OR_COL k) freq))) (TOK_WHERE (AND (>= (. (TOK_TABLE_OR_COL s) freq) 1) (>= (. (TOK_TABLE_OR_COL k)
freq) 1))) (TOK_ORDERBY (TOK_TABSORTCOLNAMEDESC (. (TOK_TABLE_OR_COL s) freq))) (TOK_LIMIT 10)))
```



(one or more of MapReduce jobs)

Hive: Behind the Scenes

```
STAGE DEPENDENCIES:
  Stage-1 is a root stage
  Stage-2 depends on stages: Stage-1
  Stage-0 is a root stage

STAGE PLANS:
  Stage: Stage-1
    Map Reduce
      Alias -> Map Operator Tree:
        s
          TableScan
            alias: s
            Filter Operator
              predicate:
                  expr: (freq >= 1)
                  type: boolean
              Reduce Output Operator
                key expressions:
                      expr: word
                      type: string
                sort order: +
                Map-reduce partition
columns:
                      expr: word
                      type: string
                tag: 0
                value expressions:
                      expr: freq
                      type: int
                      expr: word
                      type: string
k
          TableScan
            alias: k
            Filter Operator
              predicate:
                  expr: (freq >= 1)
                  type: boolean
              Reduce Output Operator
                key expressions:
                      expr: word
                      type: string
                sort order: +
                Map-reduce partition
columns:
                      expr: word
                      type: string
                tag: 1
                value expressions:
                      expr: freq
                      type: int
Reduce Operator Tree:
      Join Operator
        condition map:
             Inner Join 0 to 1
        condition expressions:
          0 {VALUE._col0} {VALUE._col1}
          1 {VALUE._col0}
        outputColumnNames: _col0, _col1, _col2
        Filter Operator
          predicate:
              expr: ((_col0 >= 1) and (_col2 >= 1))
              type: boolean
          Select Operator
            expressions:
                  expr: _col1
                  type: string
                  expr: _col0
                  type: int
                  expr: _col2
                  type: int
            outputColumnNames: _col0, _col1, _col2
            File Output Operator
              compressed: false
              GlobalTableId: 0
              table:
                  input format:
org.apache.hadoop.mapred.SequenceFileInputFormat
                  output format:
org.apache.hadoop.hive.ql.io.HiveSequenceFileOutput
Format

Stage: Stage-2
  Map Reduce
    Alias -> Map Operator Tree:
      hdfs://localhost:8022/tmp/hive-training/364214370/10002
          Reduce Output Operator
            key expressions:
                  expr: _col1
                  type: int
            sort order: -
            tag: -1
            value expressions:
                  expr: _col0
                  type: string
                  expr: _col1
                  type: int
                  expr: _col2
                  type: int
    Reduce Operator Tree:
      Extract
        Limit
          File Output Operator
            compressed: false
            GlobalTableId: 0
            table:
                input format:
org.apache.hadoop.mapred.TextInputFormat
                output format:
org.apache.hadoop.hive.ql.io.HiveIgnoreKeyTextOutputFormat


Stage: Stage-0
  Fetch Operator
    limit: 10
```

Hive: Example

- 数据文件

1 Rod 18 study-game-driver std_addr:Beijing-work_addr:shanghai

2 Tom 21 study-game-driver std_addr:Beijing-work_addr:Beijing

3 Jerry 33 study-game-football std_addr:Beijing-work_addr:Shenzhen

4 Bob 23 study-game-music std_addr:Beijing-work_addr:Nanjing

- 创建Hive表
  - hive> CREATE TABLE person (id INT, name STRING, age INT, fav ARRAY<STRING>, addr MAP<STRING, STRING>)
    COMMENT 'This is the person table'
    ROW FORMAT DELIMITED FIELDS TERMINATED BY '\t'
    COLLECTION ITEMS TERMINATED BY '-'
    MAP KEYS TERMINATED BY ':'
    STORED AS TEXTFILE;
- 导入数据
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH person.txt OVERWRITE INTO TABLE person;

表的分区

- 可以把数据依照单个或多个列进行分区，通常按照时间、地域进行分区。为了达到性能表现的一致性，对不同列的划分应该让数据尽可能均匀分布。分区应当在建表时设置。
  - hive> CREATE TABLE person (id INT, name STRING, age INT, fav ARRAY<STRING>, addr MAP<STRING, STRING>)
    COMMENT 'This is the person table'
    PARTITIONED BY (dt STRING)
    ROW FORMAT DELIMITED FIELDS TERMINATED BY '\t'
    COLLECTION ITEMS TERMINATED BY '-'
    MAP KEYS TERMINATED BY ':'
    STORED AS TEXTFILE;
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH person.txt OVERWRITE INTO TABLE person partition (dt='20180315');
  - hive> SELECT addr['work_addr'] from person WHERE dt='20180315';

表的分区

- 分区表实际上就是对应一个 HDFS 文件系统上的独立的文件夹，该文件夹下是该分区所 有的数据文件。Hive中的分区就是分目录，把一个大的数据集根据业务需要分割成小的数据 集。在查询时通过 WHERE 子句中的表达式选择查询所需要的指定的分区，这样的查询效率会提高很多。
  - hive> ALTER TABLE person add partition (dt='20180316'); //增加分区
  - hive> ALTER TABLE person drop partition (dt='20180316'); //删除分区
  - hive> describe formatted person; //查看分区表结构
  - hive> show partitions person; //查看多少个分区
- 二级分区
  - hive> create table dept_partition2 (deptno int, dname string, loc string)
    partitioned by (day string, hour string) row format delimited fields terminated by '\t';
    Hive> select * from dept_partition2 where day='20220225' and hour='12';

表的分区

- 关系型数据库中，对分区表 Insert 数据时候，数据库自动会根据分区字段的值，将数据 插入到相应的分区中，Hive 中也提供了类似的机制，即动态分区(Dynamic Partition)，只不过， 使用 Hive 的动态分区，需要进行相应的配置。
  - 设置为非严格模式（动态分区的模式，默认 strict，表示必须指定至少一个分区为 静态分区，nonstrict 模式表示允许所有的分区字段都可以使用动态分区。）
  - set hive.exec.dynamic.partition=true;
  - set hive.exec.dynamic.partition.mode=nonstrict;
  - 例如：：将 dept 表中的数据按照地区（loc 字段），插入到目标表 dept_partition 的相应 分区中。
  - hive> create table dept_par4(id int, name string) partitioned by (loc int) row format delimited fields terminated by '\t';
  - 设置动态分区
  - hive> insert into table dept_par4 partition(loc) select deptno, dname, loc from dept;
  - 注：查询语句的最后字段默认为分区字段。

表的分桶

- 分桶是相对于分区进行更细粒度的划分。在分区数量过于庞大以至于可能导致文件系统崩溃时，就需要使用分桶来解决问题。
- 分桶将整个数据内容按照某列属性值的hash值进行区分。分桶同样应当在建表时就建立。
  - hive> set hive.strict.checks.bucketing=false;
  - hive> CREATE TABLE person (id INT, name STRING, age INT, fav ARRAY<STRING>, addr MAP<STRING, STRING>)
    PARTITIONED BY (ds STRING)
    CLUSTERED BY (id) into 3 buckets
    ROW FORMAT DELIMITED FIELDS TERMINATED BY '\t'
    COLLECTION ITEMS TERMINATED BY '-'
    MAP KEYS TERMINATED BY ':'
    STORED AS TEXTFILE;

表的分桶

- 导入数据
  - hive> LOAD DATA LOCAL INPATH person.txt OVERWRITE INTO TABLE person partition (dt='20180315');
- 查询某个桶里的数据
  - hive> SELECT * from person TABLESAMPLE (BUCKET 1 OUT OF 3);

内部表和外部表

- 内部表：在创建的时候会把数据移动到数据仓库所指向的位置；在删除的时候会将元数据和数据一起删除。如果仅仅是Hive内部使用，可以使用内部表。
  - hive > CREATE TABLE managed_table (dummy STRING);
  - hive > LOAD DATA INPATH '/user/tom/data.txt' INTO table managed_table;
- 根据上面的代码，Hive会把文件data.txt文件存储在managed_table表的warehouse目录下，即hdfs://user/hive/warehouse/managed_table目录。如果我们用drop命令把表删除，将会把表以及表里面的数据和表的元数据都一起删除。
  - hive > DROP TABLE managed_table;

内部表和外部表

- 外部表：仅仅记录数据所在的位置；在删除的时候仅仅删除元数据，真正的数据不会删除。
  - 创建空表（通过external关键词表明创建的表是外部表），然后导入数据；
  - 创建表的时候指定数据文件的位置，用external关键词创建外部表，使用location关键词指定数据文件的位置；利用 EXTERNAL 关键字创建外部表，Hive不会去管理表数据，所以它不会把数据移到 /user/hive/warehouse 目录下。甚至在执行创建语句的时候，它不会去检查建表语句中指定的外部数据路径是否存在。可以在表创建之后，再创建数据。
  - 删除外部表的时候，Hive 只有删除表的元数据，而不会删除表数据。

外部表

- hive> CREATE external TABLE person (id INT, name STRING, age INT, fav ARRAY<STRING>, addr MAP<STRING, STRING>)

  COMMENT 'This is the person table'

  ROW FORMAT DELIMITED FIELDS TERMINATED BY '\t'

  COLLECTION ITEMS TERMINATED BY '-'

  MAP KEYS TERMINATED BY ':'

  LOCATION 'hdfs://localhost:9000/root/ '

  STORED AS TEXTFILE;
- hive> dfs -ls /user/hive/warehouse/
- hive> dfs -ls /user/hive/warehouse/person

自定义函数

- User Defined Function (UDF)
  - UDF：作用于单条数据，并且输出一个数据行，如字符串函数、日期函数。
  - UDAF：可接受多个数据输入，同时输出一个数据行，如COUNT、MIN、MAX等聚集函数。
  - UDTF：作用于单个数据行，同时产生多个输出数据行。

自定义函数

- 编写Java代码
  - public class Maximum extends UDAF {}
- 导出Jar包，并将Jar包添加到Hive中
  - hive> add jar Maximum.jar;
- 用Jar包生成函数
  - hive> create function maximumtest as ‘com.firsthigh.udaf.Maximum’;
- 运行函数并检查结果
  - hive> select maximumtest(price) from record_dimension;

SQL和HiveQL比较

特性	SQL	HiveQL
更新	UPDATE, INSERT, DELETE	insert OVERWRITE\INTO TABLE
事务	支持	有限支持
模式	写模式	读模式
索引	支持	支持
延迟	亚秒级	分钟级
数据类型	整数、浮点数、定点数、文本和二机制串、时间	布尔型、整数、浮点数、文本和二进制串、时间戳、数组、映射、结构
函数	数百个内置函数	数百个内置函数
多表插入	不支持	支持
子查询	完全支持	只能在FROM、WHERE或HAVING子句中
视图	可更新	只读
可扩展性	低	高

Hive优化

- 数据倾斜问题
  - Key分布不均匀
    - 随机值，打散key
  - 业务数据本身的原因
  - 建表考虑不周
  - SQL本身就有数据倾斜
    - 选用join key分布最均匀的表作为驱动表
    - 大小表join的时候，让维度较小的表先进内存
    - 大表join的时候，把空值的key变成一个字符串加上一个随机数，把倾斜的数据分到不同的reduce上
    - count distinct大量相同特殊值。

Hive优化

- MapReduce优化
  - 尽量避免大量的job
- 配置优化
  - 列裁剪：忽略不需要的列
  - 分区裁剪：减少不必要的分区
  - Hive参数调节：（1）hive.map.aggr = true；（2）hive.groupby.skewindata = true。
- 程序优化
  - Join操作：将数目少的表或者子查询放在join操作符的左边（小表放前原则）。
  - GROUP BY操作：（1）Map端部分聚合；（2）在有数据倾斜时进行负载均衡。

Hive总结

- Hive提供了一种类似于SQL的查询语言，使得其能够用于用户的交互查询
- 与传统的数据库类似，Hive提供了多个数据表之间的联合查询，能够完成高效的多个数据表之间的查询
- 通过底层执行引擎的工作，Hive将SQL语言扩展到很大的查询规模

THANK YOU

南京大学
NANJING UNIVERSITY

南京大学计算机软件研究所
Institute of Computer Software, Nanjing University