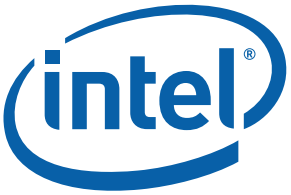


英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版开发者指南

版本 2.2

2012 年 12 月

文档编号：328319-001CN

文档修订记录

日期	修订	描述
2012 年 12 月	001	英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版 v2.2 第一版

目录

1.0 开始

1.1 综述

开发者指南提供了样例代码和管理指令的实施范例，便于使用者快速熟悉英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版。

Hadoop 为海量数据处理系统提供了超越传统内存和数据库技术的解决方案。如今，它已成为创建海量数据结构的首选工具。然而，Hadoop 的社区版本由于其开源版本本身的许多缺陷，使得企业级用户不得不为解决系统一致性、安装维护、管理以及检测的难题做出许多修改补丁。这些都使 Hadoop 的企业级应用十分困难。

针对企业用户对 Hadoop 技术平台的需要，英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版产品提供了一个稳定高效可管理的 Hadoop 发行版。英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版经过大量实际项目的在线使用验证，免去了企业用户对管理性、稳定性和性能表现的后顾之忧。英特尔还提供全面的产品技术支持和顾问服务，使得企业用户在系统规划、设计、实施和运行时都能得到专业及时的专业服务。

英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版能为通讯，金融服务、医疗、制造业等不同行业不断增长的数据处理需求提供稳定高效的技术支持。

本文档主要包含以下几个部分：

- HDFS
- MapReduce
- HBase
- ZooKeeper
- Hive
- Pig
- Mahout
- Flume
- Sqoop

表 1. 英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版的组成结构

组件 名称	根 目录	实际 操作
HDFS	*/sources/ hadoop/src/hdfs*	• 针对大数据的分布式文件系统 • 在集群中使用，提供高聚合输入输出地文件读写访问。

表 1. 英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版的组成结构

组件 名称	根 目录	实际 操作
Map/Reduce	*/sources/hadoop/src /mapred*	• 将任务分布并行运行在一个服务器集群中。
HBase	*/sources/hbase*	• 提供大数据量的高速读写操作。
ZooKeeper	*/sources/zookeeper*	• 维护系统配置、群组用户和命名等信息。
Hive	*/sources/hive*	• 将数据存放在分布式文件系统或分布式数据库中，并提供大数据统计、查询和分析操作。
Pig	*/sources/pig*	• 确保可以将分析任务分布并行运行，以适应海量数据的分析需求。
Mahout	*/sources/mahout*	• 与 Hadoop 结合后可以提供分布式数据挖掘功能。
Flume	*/sources/flume*	• 提供高效采集、聚合、迁移海量日志数据的连接器模块。
Sqoop	*/sources/sqoop*	• 提供在 Hadoop 和结构化数据源 （比如关系型数据库）之间传送数据的连接器模块。

1.2 先决条件

为了运行英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版中提供的样例程序，你需要检查如下配置：

1. 产品是否支持你的操作系统。
2. 英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版 2.1 或以上版本已成功安装。

1.3 如何创建和运行一个样例程序

要创建一个样例程序，执行以下操作：

1. 访问样例所在目录 *<install_dir>/<component_dir>/*。关于组件目录列表，参见表 1. 英特尔® Apache Hadoop* 软件发行版的组成结构。
2. 你可以在下列不同样例中中找到详细指导。

1.4 如何运行一个样例程序

你可以用你自己的输入文件运行样例，或编辑样例的源代码，编译后在你自己的环境中使用应用程序。

详细指导参见以下样例。

2.0 Hadoop

2.1 先决条件

确定 Hadoop 已被正确安装配置并正在运行中。

2.2 概述

Hadoop 在底层实现了 Hadoop 分布式文件系统 (HDFS)，它具有高容错率和扩展性。HDFS 是被设计成适合运行在通用硬件 (commodity hardware) 上的分布式文件系统。在 HDFS 上层有 MapReduce 服务器。MapReduce 由 JobTracker 和 TaskTracker 组成。我们可以通过 MapReduce 高效的执行计算程序。

2.2.1 HDFS

HDFS 是 Hadoop 分布式文件系统。作为专为大数据设计的分布式文件系统，HDFS 可以使用在几个至上千个服务器的集群上。它为文件读写提供了高速输入输出，适用于有海量数据的应用程序。

HDFS 有以下几个特点：

- 高容错性
  HDFS 假设系统故障是常态而非异常。它提供了许多保障数据可靠性的方法。例如，当数据被输入时，它会根据自定义的复制方案被复制多次并分布到不同的服务器中。
- 高扩展性
  数据块的分布式信息保存在 NameNode 服务器中，数据块的信息则保存在 DataNode 服务器中。所以，当系统容量需要扩充时，你只需要增加 DataNode 的个数，系统会自动将新的服务器加入数列中。
- 高吞吐率
  通过使用分布式计算算法，HDFS 可以均衡地将数据存取分配到每个服务器的数据复制进程中，这可以成倍提高吞吐率。
- 价位低廉
  HDFS 由低成本服务器构成。

2.2.2 MapReduce

作为一个适合处理海量数据的分布式框架，MapReduce 可以并行处理任务，并将任务分配到多个集群服务器上去。

MapReduce 适合处理复杂和大量的数据，以及提供新的分析方法。

MapReduce 框架专门处理 < 关键字，数值 > 对，就是说，该框架将任务的输入和输出当做 < 关键字，数值 > 对的集合来处理，并具有多种数据类型。

例如，一个标准的 MapReduce 处理流程以下：

输入：< 关键字 1，数值 1>-> 映射 :< 关键字 2，数值 2>-> 合并 :< 关键字 2，数值 2>-> 约减：

< 关键字 3，数值 3>-> 输出 :< 关键字 3，数值 3>

2.3 Hadoop 提供的样例

Hadoop 如今提供它自己的样例代码。这些代码存放在目录

$HADOOP_HOME/usr/lib/hadoop，包括在 hadoop-examples*.jar 和 hadoop-test*.jar 的 jar 包。

在这二个 jar 包里，有以下文件：

- hadoop-examples.jar

程序名称	功能
aggregatewordcount	An Aggregate based map/reduce program that counts the words in the input file
aggregatewordhist	An Aggregate based map/reduce program that computes the histogram of the words in the input files
dbcount	An example job that count the page view counts from a database
grep	A map/reduce program that counts the matches of a regex in the input
join	A job that effects a join over sorted, equally partitioned datasets
multifilewc	A job that counts words from several files
pentomino	A map/reduce tile laying program to find solutions to pentomino problems
pi	A map/reduce program that estimates Pi using monte-carlo method
randomtextwriter	A map/reduce program that writes 10GB of random textual data per node
randomwriter	A map/reduce program that writes 10GB of random data per node
secondarysort	An example defining a secondary sort to the reduce
sleep	A job that sleeps at each map and reduce task
sort	A map/reduce program that sorts the data written by the random writer
sudoku	A sudoku solver
teragen	Generate data for the terasort
terasort	Run the terasort
teravalidate	Checking results of terasort
wordcount	A map/reduce program that counts the words in the input files

- hadoop-test.jar

程序名称	功能
DFSCIOTest	Distributed i/o benchmark of libhdfs
DistributedFSCheck	Distributed checkup of the file system consistency
MRReliabilityTest	A program that tests the reliability of the MR framework by injecting faults/failures

TestDFSIO	Distributed i/o benchmark
dfsthroughput	measure hdfs throughput
filebench	Benchmark SequenceFile (Input|Output) Format (block, record compressed and uncompressed), Text (Input|Output) Format (compressed and uncompressed)
loadgen	Generic map/reduce load generator
mapredtest	A map/reduce test check
minicluster	Single process HDFS and MR cluster
mrbench	A map/reduce benchmark that can create many small jobs
nnbench	A benchmark that stresses the NameNode
testarrayfile	A test for flat files of binary key/value pairs
testbigmapoutput	A map/reduce program that works on a very big file, which can't be split, and does identity map/reduce
testfilesystem	A test for FileSystem read/write.
testipc	A test for ipc
testmapredsort	A map/reduce program that validates the map-reduce framework's sort
testrpc	A test for RPC
testsequencefile	A test for flat files of binary key value pairs
testsequencefileinputformat	A test for sequence file input format
testsetfile	A test for flat files of binary key/value pairs
testtextinputformat	A test for text input format
threadedmapbench	A map/reduce benchmark that compares the performance of maps with multiple spills over maps with 1 spill

由于许多样例测试有同样的测试点，我们选择以下典型的样例来进行功能和负载检测。

2.4 样例：TestDFSIO (Stress Testing HDFS I/O)

TestDFSIO 样例是对 HDFS 读写功能的基准测试。通过对 HDFS 负载测试来发现集群性能的瓶颈。

注释： 由于该测试作为一个 MapReduce 任务进行，该集群的 MapReduce 功能需正常工作。换句话说，这个测试不能脱离 MapReduce 进行。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\sources\hadoop-1.0.3-Intel\srcest\org.apache.hadoop.fs\TestDFSIO.java

2.4.1 样例代码

2.4.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.hadoop.fs.TestDFSIO	分布式 I/O 基准
org.apache.hadoop.fs.IOStatMapper	读写 mapper 基本类
org.apache.hadoop.fs.WriteMapper	写 mapper 类
org.apache.hadoop.fs.ReadMapper	读 mapper 类

2.4.1.2 关键方法

方法名	描述
org.apache.hadoop.fs.TestDFSIO.createControlFile()	初始化控制文件
org.apache.hadoop.fs.TestDFSIO.analyzeResult()	在日志中生成结果
org.apache.hadoop.fs.TestDFSIO.runIOTest()	完成对于读写的 I/O 任务

2.4.1.3 源代码

样例代码为 TestDFSIO.class 中的函数：

```
//initialize the control file
private static void createControlFile(FileSystem fs,
                                      int fileSize, // in MB
                                      int nrFiles,
                                      Configuration fsConfig
                                      ) throws IOException {
    LOG.info("creating control file: "+fileSize+" mega bytes, "+nrFiles+"
files");
//print the log file
    fs.delete(CONTROL_DIR, true);

    for(int i=0; i < nrFiles; i++) {
      String name = getFileName(i);
      Path controlFile = new Path(CONTROL_DIR, "in_file_" + name);
      SequenceFile.Writer writer = null;
      try {
        writer = SequenceFile.createWriter(fs, fsConfig, controlFile,
                                           Text.class, LongWritable.class,
                                           CompressionType.NONE);
       //create a new writer for sequence files
        writer.append(new Text(name), new LongWritable(fileSize));
```

```
      } catch(Exception e) {
        throw new IOException(e.getLocalizedMessage());
      } finally {
    if (writer != null)
          writer.close();
     writer = null;
      }
    }
    LOG.info("created control files for: "+nrFiles+" files");
  }
    //the main function to read & write
private static void runIOTest(
          Class<? extends Mapper<Text, LongWritable, Text, Text>>
mapperClass,
          Path outputDir,
          Configuration fsConfig) throws IOException {
    JobConf job = new JobConf(fsConfig, TestDFSIO.class);
   //create a new job
    FileInputFormat.setInputPaths(job, CONTROL_DIR);
    job.setInputFormat(SequenceFileInputFormat.class);

    job.setMapperClass(mapperClass);
    job.setReducerClass(AccumulatingReducer.class);
   //specify the input and output format of the file
    FileOutputFormat.setOutputPath(job, outputDir);
    job.setOutputKeyClass(Text.class);
    job.setOutputValueClass(Text.class);
    job.setNumReduceTasks(1);
    JobClient.runJob(job);
  }
```

2.4.2 用法

通过在 HDFS 上读写文件，你可以检测集群的 HDFS 性能。

2.4.2.1 运行样例

1. 运行写入测试 （作为接下来读取测试的输入文件）
   运行写入测试的语法以下：

   ```
   hadoop jar $HADOOP_HOME/hadoop-test*.jar TestDFSIO -read | -write | -
   clean\ [-nrFiles N] [-fileSize MB] [-resFile resultFileName] [-
   bufferSize Bytes]
   ```

注释： TestDFSIO 为每个文件分配一个 map 映射，它的文件和 map 任务比例为 1:1。使用分隔符来为每一个 map 指定一个文件名，用于写入和读取。

例如，运行一个生成 10 个 1GB 的输出文件的写入测试指令为：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-test.jar TestDFSIO -write -nrFiles
10\ -fileSize 1000
```

2. 运行读取测试

   运行对应于读取 10 个 1GB 文件的指令为：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-test.jar TestDFSIO -read -nrFiles
10\ -fileSize 1000
```

3. 清除测试数据

   清除之前的测试数据的指令为：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-test.jar TestDFSIO -clean
```

   清除任务会删除 HDFS 上的 /benchmarks 目录下的 TestDFSIO 文件。

2.4.2.2 分析结果

以下为 TestDFSIO_results.log 中的结果，你可从中查看执行细节：

```
----- TestDFSIO ----- : write
Date & time:Wed Aug 15 13:14:30 CST 2012
Number of files:10
Total MBytes processed:10000
Throughput mb/sec:8.553983333418874
Average IO rate mb/sec:8.591727256774902
IO rate std deviation:0.5862388525690905
Test exec time sec:145.331
----- TestDFSIO ----- : read
Date & time:Wed Aug 15 13:16:12 CST 2012
Number of files:10
Total MBytes processed:9005
Throughput mb/sec:99.70022635172303
Average IO rate mb/sec:102.70344543457031
IO rate std deviation:34.198200892820935
Test exec time sec:36.818
```

这里，最显眼的测量值为 *Throughput mb/sec* 和 *Average IO rate mb/sec*。它们均基于每个 map 任务的文件读写大小和使用时间。它们可以被当作 Hadoop 集群的一个性能基准。

TestDFSIO 任务中的参数 *Throughput mb/sec* 定义以下。它用来估计一个 Hadoop 集群的吞吐性能。序号 1 ≤ i ≤ N 标明每个 map 任务：

$$Throughput(N) = \frac{\sum_{i=0}^{N} filesize_i}{\sum_{i=0}^{N} time_i}$$

Average IO rate mb/sec 参数用来估计一个集群的输入输出性能。定义以下：

你可能感兴趣的两个衍伸度量数值为对并发的吞吐量和集群平均输入输出能力的估计。假设你设定 TestDFSIO 样例创建 1000 个文件，但是集群中仅有 200 个映射槽。这意味着需要使用 5 次 MapReduce waves （5 * 200 = 1000）来完成所有测试数据。在这种情况下，我们仅需使用最少文件

个数 （这里是 1000），以及你的集群中可用的映射槽个数 （这里是 200），并将其与吞吐量和平均 IO 率相乘。在以上 TestDFSIO 写入测试中，并发吞吐量估计值为 8.591 * 200 = 1718.2 mb/s，平均并发 IO 率为 8.553 * 200 = 1710.6 mb/s。这些结果均为理想状态下的估计 （表达式中的数字 8.591 和 8.553 来自 TestDFSIO_results.log）。

*HDFS 复制因子*在其中起到了很重要的作用。如果你比较两个 TestDFSIO 样例中的写入测试，它们除了 HDFS 复制因子数不同其余均相同，那么你可以看到在复制因子低的集群上运行的写入操作吞吐量和平均 IO 数更高。

2.5 样例： TeraSort Benchmark Suite

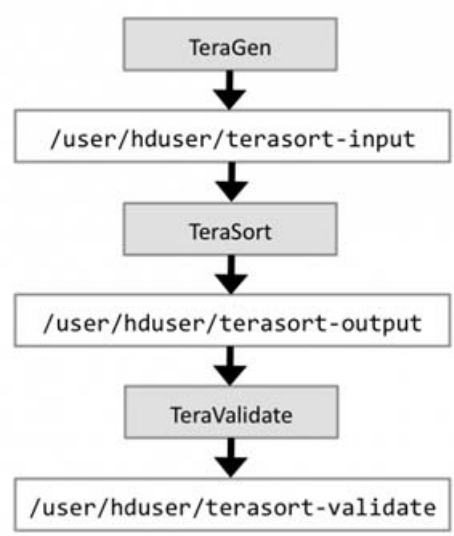
TeraSort 样例的目的是将数据最快的进行排序。它是用来检测 Hadoop 集群上 HDFS 和 MapReduce 综合能力的基准测试。TeraSort 基准测试使用广泛，好处是还可以让我们比较不同集群的不同测试结果。TeraSort 的典型应用在帮助确定 map 和 reduce slot 分配是否合理 (Map 和 reduce slot 的分配取决于每个 TaskTracker 节点所占用的内核数目和可用的 RAM 大小)，它也可以判断其他 MapReduce 相关的参数，比如 io.sort.mb 和 mapred.child.java.opts 是否设置正确。该测试也可以检测 FairScheduler 的配置是否符合预期。

一个完整的 TeraSort 基准测试有以下三步：

1. 通过 TeraGen 生成输入文件
2. 在输入文件上实际运行 TeraSort
3. 通过 TeraValidate 验证排好序的输出结果

你不需要在每次 TeraSort 运行 （第 2 步）之前重新生成输入数据。因此，在之后的 TeraSort 运行中，如果你对生成的数据满意，你可以略过第 1 步 （TeraGen）。

以下图片为基本的数据流程。



你可以在以下目录中找到该样例的代码：

<installed_dir>\sources\hadoop-1.0.3-Intel\src\examples\org.apache.hadoop.examples.terasort

2.5.1 样例代码

2.5.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraGen	生成正式的 terasort 输入数据集
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraSort	生成样例分隔点，启动任务并等待其结束
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraValidate	为每个文件生成一个 mapper，用来确保每个文件中关键字被正确排序
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraInputFormat	一种读取每行前 10 个字符作为关键字的输入格式
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraOutputFormat	一种流水线式文字输出格式，写入关键字，数值和 "\r\n"

2.5.1.2 关键方法

方法	描述
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraInputFormat.writePartitionFile()	使用输入分隔符从输入中取得样例，并生成样例关键字
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraSort.LeafTrieNode.findPartition()	通过字符串比较找到介于最小和最大值之间的给定关键字
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraSort.readPartitions()	从给定的序列文件中读取分隔点
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraSort.buildTrie()	提供排好序的分隔点集合，生成一个 trie，可以迅速找到正确分隔区间
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraValidate.ValidateMapper.map()	为每个文件生成一个 mapper，检查确保每个文件的关键字都已排好序
org.apache.hadoop.examples.terasort.TeraValidate.ValidateReducer.reduce()	Reduce 方法证实所有的开始 / 结束项都已排好序

2.5.1.3 源代码

该样例代码在 TeraSort 类中：

```
/**
     * Given a sorted set of cut points, build a trie that will find the
correct
     * partition quickly.
     * @param splits the list of cut points
     * @param lower the lower bound of partitions 0..numPartitions-1
     * @param upper the upper bound of partitions 0..numPartitions-1
     * @param prefix the prefix that we have already checked against
     * @param maxDepth the maximum depth we will build a trie for
     * @return the trie node that will divide the splits correctly
     */
```

```
private static TrieNode buildTrie(Text[] splits, int lower, int upper,
                                  Text prefix, int maxDepth) {
      int depth = prefix.getLength();
      if (depth >= maxDepth || lower == upper) {
        return new LeafTrieNode(depth, splits, lower, upper);
      }
      InnerTrieNode result = new InnerTrieNode(depth);
      Text trial = new Text(prefix);
      // append an extra byte on to the prefix
      trial.append(new byte[1], 0, 1);
      int currentBound = lower;
      for(int ch = 0; ch < 255; ++ch) {
//partition the data to repeatedly build the trie
        trial.getBytes()[depth] = (byte) (ch + 1);
        lower = currentBound;
        while (currentBound < upper) {
          if (splits[currentBound].compareTo(trial) >= 0) {
            break;
          }
          currentBound += 1;
        }
        trial.getBytes()[depth] = (byte) ch;
        result.child[ch] = buildTrie(splits, lower, currentBound, trial,
                                     maxDepth);
      }
      // pick up the rest
      trial.getBytes()[depth] = 127;
      result.child[255] = buildTrie(splits, currentBound, upper, trial,
                                    maxDepth);
      return result;
    }
```

2.5.2 用法

该样例可以用来检测 Hadoop 集群中 HDFS 和 MapReduce 的性能。

2.5.2.1 运行样例

2.5.2.1.1 TeraGen

TeraGen 生成随机数据，可以直接用来为接下来的 TeraSort 程序作为输入数据。

TeraGen 的运行语法以下：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar teragen <number of 100-
```

```
byte\ rows> <output dir>
```

将 HDFS 上的输出 /user/hduser/terasort-input 作为例子，用来运行 TeraGen 生成 1TB 输入数据（即 1,000,000,000 字节）的命令为：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar teragen 10000000 \
/user/hduser/terasort-input
```

注释： TeraGen 的第一个参数为一千万 （10,000,000），而不是 1GB （1,000,000,000）。原因是第一个参数确定了生成的输入数据行数，每行数据大小为 100 字节。

TeraGen 每行生成的数据结构以下：

<10 bytes key> <10 bytes rowid> <78 bytes filler> \r\n

keys 是从’ ’..’~’ 集合中生成的随机字符。

rowid 为每行的 id，格式为整数。

filler 由 7 轮从 A 到 Z 中的 10 个字符组成。

启动或停止 map 任务的时间可能比实际完成任务的时间都要长。也就是说，管理 TaskTrackers 的开销可能会超过作业的负载。一个较简单的解决方法是在 TeraGen 中增加 HDFS 块的大小。

注意 HDFS 块大小对应每一个文件，*hdfs-default.xml* （或者 *conf/hdfs-site.xml*，如果你是用的是自定义的配置文件）中的 dfs.block.size 属性值只是默认值。所以，如果你想在 TeraSort 基准测试中使用 512MB 的 HDFS 块大小（比如 536870912 bytes），在运行 TeraGen 前重写 dfs.block.size 参数：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar teragen -D \
 dfs.block.size=536870912 ...
```

2.5.2.1.2 TeraSort

TeraSort 是通过自定义执行 MapReduce 排序作业实现的 （使用 n-1 个样例 key 来定义每个 reduce 任务的 key 范围）。

运行 TeraSort 基准测试的语法以下：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar terasort  <input dir> \
  <output dir>
```

使用输入目录 */user/hduser/terasort-input* 和输出目录 */user/hduser/terasort-output* 作为样例，执行 TeraSort 基准测试的指令以下：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar terasort \
  /user/hduser/terasort-input /user/hduser/terasort-output
```

2.5.2.1.3 TeraValidate

TeraValidate 确保 TeraSort 的输出文件已被排序。

TeraValidate 在 TeraSort 输出目录中为每个文件创建一个 map 任务。一个 map 任务保证每个 key 都比原先小或者相等。Map 任务也用第一个和最后一个关键字生成记录。Reduce 任务保证文件的第一个 key 比第 i-1 个文件的最后一个 key 大。如果所有数据被正确排序，该 reduce 任务不会产生任何输出。如果检测到任何问题，它们的输出 key 是乱序的。

运行 TeraValidate 测试的语法以下：

```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar teravalidate  <terasort
\
```

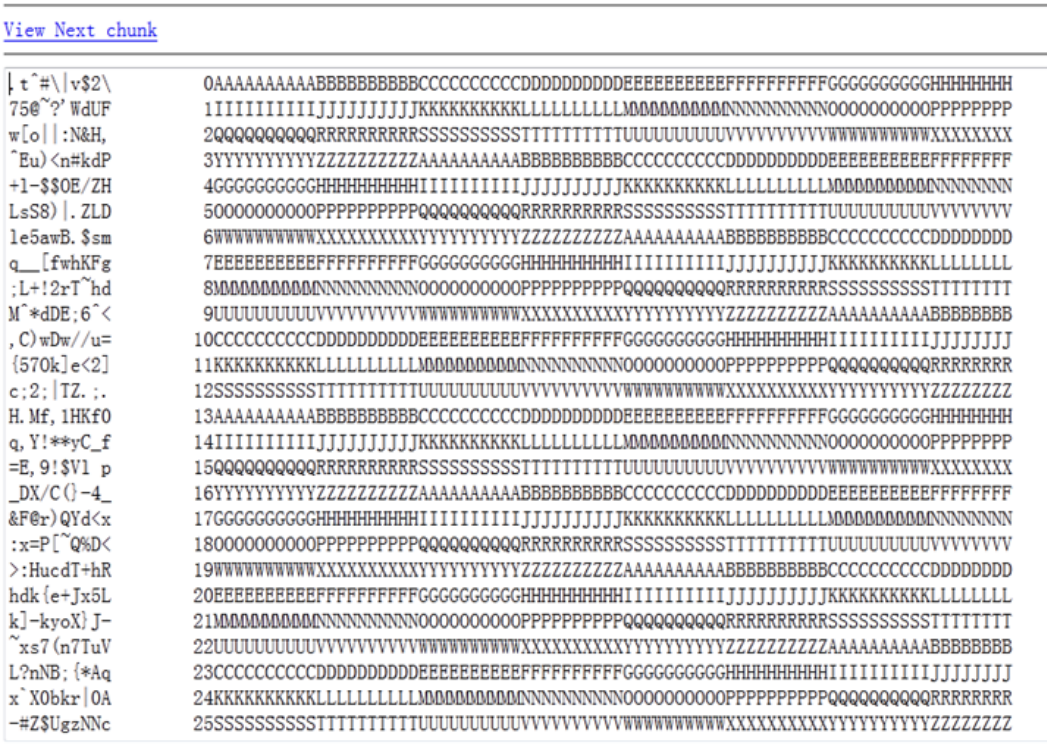
```
output dir (= input data)>  <teravalidate output dir>
```

使用先前的输出目录 */user/hduser/terasort-output* 和 */user/hduser/terasort-validate* 作为例子，运行 TeraValidate 测试的命令为：

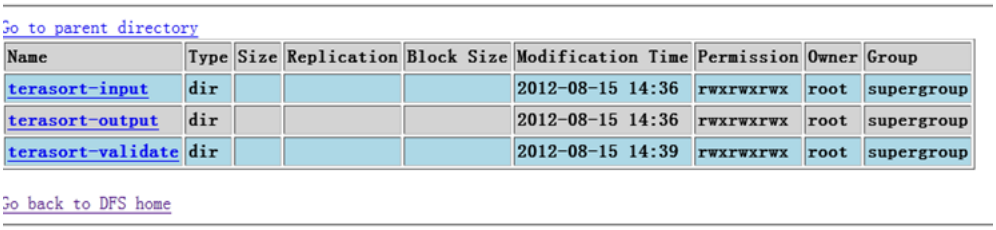
```
$ hadoop jar <installed_dir>/hadoop-examples.jar teravalidate \
 /user/hduser/terasort-output /user/hduser/terasort-validate
```

2.5.2.2 分析结果

以下为 terasort-input 的部分输出：



以下为 HDFS 上的输出目录：



注释： Hadoop 提供读取作业统计的简单命令：

```
$ hadoop job -history all <job output directory>
```

该命令可得到该作业的历史文档（默认存储在 *<job output directory>/_logs/history* 中的两个文件中），并且从中计算出作业统计。

2.6 样例：NameNode Benchmark (nnbench)

NNBench 可有效测试 NameNode 硬件和配置的负载。它生成许多有关 HDFS 的请求，这些请求只有一个目的，就是在给 NameNode 较高的 HDFS 管理压力，从而产生较小的负载。该基准测试可以模拟在 HDFS 上创建、读取、重命名、删除文件的请求。

该测试可以同时运行在多个机器上。比如一系列的 DataNode boxes，从而同时从多个地点使用 NameNode。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\sources\hadoop-1.0.3-Intel\srcest\org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.java

2.6.1 样例代码

2.6.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench	该程序执行一个特定的方法，可以检测 NameNode 的负载

2.6.1.2 关键方法

方法	描述
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.createControlFiles()	在测试运行前生成控制文件
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.analyzeResults()	分析输出中的结果
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.validateInputs()	检测输入
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.NNBenchMapper.map()	Map 方法
org.apache.hadoop.hdfs.NNBench.NNBenchMapper.reduce()	Reduce 方法

2.6.1.3 源代码

该样例代码在 NNBenchMapper 类中：

```
/**
     * Create and Write operation.
     * @param name of the prefix of the output file to be created
     * @param reporter an instance of (@link Reporter) to be used for
     *   status' updates
     */
    private void doCreateWriteOp(String name,
                                 Reporter reporter) {
      FSDataOutputStream out;
      byte[] buffer = new byte[bytesToWrite];
```

```
        for (long l = 0l; l < numberOfFiles; l++) {
          Path filePath = new Path(new Path(baseDir, dataDirName),
                  name + "_" + l);

          boolean successfulOp = false;
          while (! successfulOp && numOfExceptions <
MAX_OPERATION_EXCEPTIONS) {
            try {
              // Set up timer for measuring AL (transaction #1)
              startTimeAL = System.currentTimeMillis();
              // Create the file
              // Use a buffer size of 512
              out = filesystem.create(filePath,
                      true,
                      512,
                      replFactor,
                      blkSize);
              out.write(buffer);
              totalTimeAL1 += (System.currentTimeMillis() - startTimeAL);

              // Close the file / file output stream
              // Set up timers for measuring AL (transaction #2)
              startTimeAL = System.currentTimeMillis();
              out.close();
              //store the total time for the write operation
              totalTimeAL2 += (System.currentTimeMillis() - startTimeAL);
              successfulOp = true;
              successfulFileOps ++;

              reporter.setStatus("Finish "+ l + " files");
            } catch (IOException e) {
              LOG.info("Exception recorded in op: " +
                      "Create/Write/Close");

              numOfExceptions++;
            }
          }
        }
      }
```

2.6.2 用法

NNBench 的运行语法以下：

```
NameNode Benchmark 0.4
Usage: nnbench <options>
Options:
        -operation
<Available operations are create_write open_read rename delete.
 This option is mandatory>
       * NOTE:The open_read, rename and delete operations assume that the
files they operate on, are already available.The create_write operation
must be run before running the other operations.
        -maps
<number of maps. default is 1.This is not mandatory>
        -reduces
<number of reduces. default is 1.This is not mandatory>
        -startTime
<time to start, given in seconds from the epoch.Make sure this is far
enough into the future, so all maps (operations) will start at the same
time>. default is launch time + 2 mins.This is not mandatory
        -blockSize
<Block size in bytes. default is 1.This is not mandatory>
        -bytesToWrite
<Bytes to write. default is 0.This is not mandatory>
        -bytesPerChecksum
<Bytes per checksum for the files. default is 1.This is not
 mandatory>
        -numberOfFiles
<number of files to create. default is 1.This is not mandatory>
        -replicationFactorPerFile
<Replication factor for the files. default is 1.This is not
mandatory>
        -baseDir
<base DFS path. default is /becnhmarks/NNBench.This is not
 mandatory>
        -readFileAfterOpen
<true or false. if true, it reads the file and reports the average
 time to read.This is valid with the open_read operation.
 default is false.This is not mandatory>
        -help:Display the help statement
```

2.6.2.1 运行样例

下面的命令将运行一个 NameNode 基准测试，该测试使用 12 个 map 和 5 个 reducer 生成 1000 个文件。它根据机器的简写主机名生成自定义的输出目录。这是一个确保一个 box 不会意外写入其他 box 同时运行的 NNBench 测试的同名输出目录的简单技巧。

```
$ hadoop jar  <installed_dir>/hadoop-test.jar nnbench -operation\
create_write -maps 12 -reduces 6 -blockSize 1 -bytesToWrite 0 –
numberOfFiles\ 1000 -replicationFactorPerFile 3 -readFileAfterOpen true \
-baseDir /benchmarks/NNBench-\Qhostname -s\Q
```

注释： 默认情况下 benchmark 会在运行前等待 2 分钟。

2.6.2.2 分析结果

Shell 中部分输出：

```
Test Inputs:
INFO hdfs.NNBench:             Test Operation: create_write
INFO hdfs.NNBench:                 Start time:2012-08-15 15:59:07,620
INFO hdfs.NNBench:            Number of maps:12
INFO hdfs.NNBench:          Number of reduces:6
INFO hdfs.NNBench:                  Block Size:1
INFO hdfs.NNBench:              Bytes to write:0
INFO hdfs.NNBench:         Bytes per checksum:1
INFO hdfs.NNBench:            Number of files:1000
INFO hdfs.NNBench:          Replication factor:3
INFO hdfs.NNBench:                    Base dir: /benchmarks/NNBench-hbase1
```

HDFS 信息网页上的内容：

Contents of directory /benchmarks/NNBench-hbase1

Goto : /benchmarks/NNBencl go

Go to parent directory

Name	Type	Size	Replication	Block Size	Modification Time	Permission	Owner	Group
control	dir				2012-08-15 15:57	rwxrwxrwx	root	supergroup
data	dir				2012-08-15 16:00	rwxrwxrwx	root	supergroup
output	dir				2012-08-15 16:00	rwxrwxrwx	root	supergroup

Go back to DFS home

2.7 样例：MapReduce Benchmark (mrbench)

MRBench 反复多次运行一个小型作业。这相比大规模的 TeraSort 基准测试更为简单。MRBench 判断在你的集群上小型作业是否反应迅速且运行高效。它将重点放在 MapReduce 层上，对于 HDFS 层的影响很小。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\sources\hadoop-1.0.3-Intel\src
est\org.apache.hadoop.mapred.MRBench.java

2.7.1 样例代码

2.7.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.hadoop.mapred.MRBench	多次运行同一个任务并取得平均值

2.7.1.2 关键方法

方法	描述
org.apache.hadoop.mapred.MRBench.pad()	将给定数字转化为字符串并用 0 封装在首位，使得字符串长度规整
org.apache.hadoop.mapred.MRBench.setupJob()	创建作业的配置
org.apache.hadoop.mapred.MRBench.runJobInSequence()	多次运行一个 MapReduce 任务，每次的输入为同一个文件以下为 MRBench.java 中的 runJobInSequence 函数：

2.7.1.3 源代码

以下为 MRBench.java 中的 runJobInSequence 功能：

```
/**
   * Runs a MapReduce task, given number of times.The input to each run
   * is the same file.
   */
  private ArrayList<Long> runJobInSequence(JobConf masterJobConf, int
numRuns) throws IOException {
    Random rand = new Random();
    ArrayList<Long> execTimes = new ArrayList<Long>();

    for (int i = 0; i < numRuns; i++) {
      // create a new job conf every time, reusing same object does not
work
      JobConf jobConf = new JobConf(masterJobConf);
      // reset the job jar because the copy constructor doesn't
      jobConf.setJar(masterJobConf.getJar());
      // give a new random name to output of the mapred tasks
      FileOutputFormat.setOutputPath(jobConf,
                      new Path(OUTPUT_DIR, "output_" + rand.nextInt()));

      LOG.info("Running job " + i + ":" +
               " input=" + FileInputFormat.getInputPaths(jobConf)[0] +
```

```
                    " output=" + FileOutputFormat.getOutputPath(jobConf));

      // run the mapred task now
      long curTime = System.currentTimeMillis();
      JobClient.runJob(jobConf);
      execTimes.add(new Long(System.currentTimeMillis() - curTime));
    }
    return execTimes;
  }
```

2.7.2 用法

该样例可在单个 box 上运行 （见下列注意事项）。命令语法可在 mrbench -help 中列出：

```
MRBenchmark.0.0.2
Usage: mrbench
[-baseDir ]
          [-jar ]
          [-numRuns ]
          [-maps ]
          [-reduces ]
          [-inputLines ]
          [-inputType ]
          [-verbose]
```

注释： 重要注释：在 Hadoop0.20.* 中，设置 -baseDir 参数没有任何作用。这意味着多个平行 MRBench 运行 （例如从多个不同 boxes 开始）可能会互相影响。这是一个已知的漏洞 （MAPREDUCE-2398）。

默认参数值为：

```
-baseDir: /benchmarks/MRBench
-numRuns:1
-maps:2
-reduces:1
-inputLines:1
-inputType: ascending
```

2.7.2.1 运行样例

运行连续 50 个小测试作业的命令为：

```
$ hadoop jar /<installed_dir>/hadoop-test.jar mrbench -numRuns 50
```

2.7.2.2 分析结果

结果如下：

```
DataLines       Maps    Reduces  AvgTime (milliseconds)
1               2       1        25254
```

这表示执行作业的平均完成时间为 25254 秒。

2.8 样例：MapReduce Jar Addition

当你运行一个 MapReduce 任务时，有时会需要第三方 jar 包。本样例提供两种方法解决在 MapReduce 任务中使用第三方 jar 包的问题。

2.8.1 样例代码

2.8.1.1 关键类

类名	描述
wordCount	计算输入文件中不同单词的个数
ToLowCase	将单词转化为小写

2.8.1.2 关键方法

方法	描述
wordCount::map()	The mapper
wordCount::reduce()	The reducer

2.8.1.3 源代码

源代码分成了以下 3 个部分：

```
wordCount.class
myHadoopJob.class
ToLowCase.class
```

以下为 2.8.2.1.1 方法一中的 *wordCount.class*：

```
import java.io.IOException;
import java.util.*;

import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.*;
import org.apache.hadoop.mapred.*;
import Test.MapReduce.*;//import the third-party jar

public class WordCount {

   public static class Map extends MapReduceBase implements
          Mapper<LongWritable, Text, Text, IntWritable> {
      private final static IntWritable one = new IntWritable(1);
      private Text word = new Text();

      public void map(LongWritable key, Text value,
```

```
                OutputCollector<Text, IntWritable> output, Reporter
reporter)
                throws IOException {

            String line = value.toString();
            line = ToLowCase.run(line);//call the function in the third-
party jar

            StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(line);
            while (tokenizer.hasMoreTokens()) {
                word.set(tokenizer.nextToken());
                output.collect(word, one);
            }
        }
    }

    public static class Reduce extends MapReduceBase implements
            Reducer<Text, IntWritable, Text, IntWritable> {
        public void reduce(Text key, Iterator<IntWritable> values,
                OutputCollector<Text, IntWritable> output, Reporter
reporter)
                throws IOException {
            int sum = 0;
            while (values.hasNext()) {
                sum += values.next().get();
            }
            output.collect(key, new IntWritable(sum));
        }
    }
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        JobConf conf = new JobConf(WordCount.class);
        conf.setJobName("wordcount");

        conf.setOutputKeyClass(Text.class);
        conf.setOutputValueClass(IntWritable.class);

        conf.setMapperClass(Map.class);
        conf.setCombinerClass(Reduce.class);
        conf.setReducerClass(Reduce.class);

        conf.setInputFormat(TextInputFormat.class);
```

```
        conf.setOutputFormat(TextOutputFormat.class);

        FileInputFormat.setInputPaths(conf, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(conf, new Path(args[1]));

        JobClient.runJob(conf);
    }
}
```

以下为2.8.2.1.2 方法二中的 *myHadoopJob.class*：

```
import java.io.IOException;
import java.util.StringTokenizer;

import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.conf.Configured;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.util.Tool;
import org.apache.hadoop.util.ToolRunner;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;

import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.TextInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.TextOutputFormat;

import Test.MapReduce.ToLowCase;

public class MyHadoopJob extends Configured implements Tool {

    public static class MapClass extends
            Mapper<LongWritable, Text, Text, IntWritable> {

        private final static IntWritable one = new IntWritable(1);
        private Text word = new Text();

        public void map(LongWritable key, Text value, Context context)
```

```
            throws IOException, InterruptedException {
        String line = value.toString();

        line = ToLowCase.run(line);

        StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(line);
        while (tokenizer.hasMoreTokens()) {
            word.set(tokenizer.nextToken());
            context.write(word, one);
        }
    }
}

public static class ReduceClass extends
        Reducer<Text, IntWritable, Text, IntWritable> {

    public void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values,
            Context context) throws IOException, InterruptedException {
        int sum = 0;
        for (IntWritable val : values) {
            sum += val.get();
        }
        context.write(key, new IntWritable(sum));
    }
}

@Override
public int run(String[] args) throws Exception {
    System.out.println(args.length);
    Configuration conf = getConf();
    Job job = new Job(conf, "MyHadoopJob");


    job.setOutputKeyClass(Text.class);
    job.setOutputValueClass(IntWritable.class);

    job.setJarByClass(MapClass.class);
    job.setJarByClass(ReduceClass.class);

    job.setMapperClass(MapClass.class);
```

```
        job.setReducerClass(ReduceClass.class);

        job.setInputFormatClass(TextInputFormat.class);
        job.setOutputFormatClass(TextOutputFormat.class);

        FileInputFormat.addInputPath(job, new Path("/user/input"));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path("/user/output"));

        return (job.waitForCompletion(true) ?0 :1);
    }

    public static void main(String args[]) throws Exception {
        int res = ToolRunner.run(new Configuration(), new MyHadoopJob(),
args);
        System.exit(res);
    }
}
```

以下为第三方 jar 包中的 ToLowCase.class 代码：

```
package Test.MapReduce;
//convert the words to lower case
public class ToLowCase {
    public static String run(String s){
return s.toLowerCase();
    }
}
```

2.8.2 用法

该样例提供了两种方法在 MapReduce 任务中调用第三方 jar 包。

2.8.2.1 运行样例

2.8.2.1.1 方法一

1. 在编写 MapReduce 任务时，在工程下新建 /lib 文件夹，并将所需第三方 jar 包复制在 /lib 文件夹下。然后将这些 jar 包添加到工程中。
   在样例中，当你导入所有需要的 jar 包后，你可以将整个任务生成一个新的最终 jar 包，然后就可以在集群上运行 MapReduce 任务了。（本例中生成的 jar 包名为 mp_lib.jar，若你需要详细代码，见2.8.1.3 源代码第一和第三部分）
2. 创建两个文件作为输入文件，并将其复制到 HDFS 中。例如，你可以拷贝本地文件 file01 和 file02 到 HDFS 的目录 */user/input* 下：

   ```
   hadoop fs -copyFromLocal input/file01 /user/input
   hadoop fs -copyFromLocal input/file02 /user/input
   ```

3. 你可以用以下指令查看文件内容，下列为本例中显示内容：

   ```
   [root@hadoop ~]# hadoop fs -cat /user/input/file01
   ```

```
hello world hadoop hi


[root@hadoop ~]# hadoop fs -cat /user/input/file02
Hello world hadoopall
```

4. 现在你可以运行 MapReduce 任务。在本样例中，该任务可以将输入文件中的单词转化为小写并统计不同单词的出现次数：

```
hadoop fs -rmr /user/output
hadoop jar mp_lib.jar WordCount /user/input/ /user/output
```

通过以下指令查看结果：

```
hadoop fs -cat /user/output/part-00000
```

2.8.2.1.2 方法二

1. 如果当第三方 jar 包尺寸特别大，或者因不在本地而传输缓慢，使用方法一将非常耗时。方法二可解决以上问题。

Hadoop 已为你建立 MapReduce 任务提供了相应的接口：

- MapReduce 的主要功能必须使用以下的方法来调用：

```
ToolRunner.Run(conf, tool, args);
```

其中，参数 *conf* 表示配置 Configuration() 。参数 *tool* 为主程序的 *new* 实例，该主程序必须包含 *Run(string args[]* 方法。参数 args 为用户添加的参数，比如 MapReduce 任务的输入输出路径等。

必须这么做的原因是，要通过 *-libjars path* 方式使用第三方 jar 包，程序必须调用 *ToolRunner.Run()* 方法的 *new GenericOptionsParser()* 方法来得到 jar 包的路径设置。

- 在实现相应的 map 和 reduce 类时，你需要注意一个继承关系的问题。比如：

```
Job job = new Job(getConf(), "MyHadoopJob");
job.setJarByClass(MapClass.class);
job.setJarByClass(ReduceClass.class);
job.setMapperClass(MapClass.class);
job.setReducerClass(ReduceClass.class);
```

当采用这种方式来把 MapReduce 任务加载进作业时，你需要注意 mapClass 类必须是 *org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper* 的继承类，reduceClass 必须是 *org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer* 的继承类。

注释： 不要使用 org.apache.hadoop.mapred.Mapper 这个接口并继承 org.apache.hadoop.mapred.MapReduceBase 来实现 map 类， 否则，MapReduce 任务无法加载到作业中。同样情形适用于 Reduce 类。

2. 现在你可以运行 MapReduce 任务 （你需要重复 2.8.2.1.1 方法一中的步骤 2 和 3）。在本样例中，MapReduce 任务可以将输入文件中的单词转化为小写并统计不同单词的出现次数：（若你需要详细代码，见 2.8.1.3 源代码）

```
hadoop fs -rmr /user/output
hadoop jar MR.jar MyHadoopJob -libjars tolowcase.jar
```

3. 通过以下指令查看结果：

```
hadoop fs -cat /user/output/part-00000
```

2.8.2.2 分析结果

没有调用第三方 jar 包的运行结果：

```
Hello        1
```

```
hadoop        1
hadoopall        1
hello        1
hi        1
world        2
```

调用第三方 jar 包的运行结果：

```
hadoop        1
hadoopall        1
hello        2
hi        1
world        2
```

3.0 HBase

3.1 先决条件

确定 HDFS、MapReduce、HBase 和 Hive 已被正确安装配置并正在运行中。推荐使用有三个虚拟机的集群。

3.2 概述

HBase 是一个面向列的分布式数据库。

HBase 不是一个关系型数据库。其设计目标是用来解决关系型数据库在处理海量数据时的理论和实现上的局限性。HBase 从一开始就是为 Terabyte 到 Petabyte 级别的海量数据存储和高速读写而设计，这些数据要求能够被分布在数千台普通服务器上，并且能够被大量并发用户高速访问。

确切地说，HBase 是一个面向列的、稀疏的、分布式的、持久化存储的多维排序映射表 （Map）。表的索引是行关键字、列簇名 （Column Family）、列关键字以及时间戳。表中的每个值都是一个未经解析的字节数组。

HBase 由 Hmaster 和 Hregionserver 组成。Hmaster 负责给 region server 分配 region，并且处理对于架构变动的元数据操作，以及表单和列簇的创建。Hmaster 也负责处理 region server 上 region 的负载均衡。Hregionserver 负责处理对于所有 region 的读写请求。一旦 region 的大小超过了阈值，Hregionserver 会将 region 分裂。

3.3 输入输出

HBase 可以表格形式简单显示结果。Table 中的所有行都按照 row key 的字典顺序排列。

Table 在行的方向上分割为多个 Hregion。 region 是按尺寸大小分割的。每个表开始时只有一个 region。随着数据不断插入表，region 不断增大，当增大到一个阀值的时候，Hregion 就会等分两个新的 Hregion。当表中的行不断增多，就会有越来越多的 Hregion。

3.4 HBase 全文索引

3.4.1 目的

为 HBase 建立全文索引。用户可使用关键词进行模糊、完全匹配、以文本开始或以文本结束这些方式的搜索来找到行的主键 （row key ）。

3.4.2 术语

Lucene：Apache 项目，开源的全文检索工具包。

Document：Lucene 索引中的一条记录。

Field：一个 Lucene 的 Document 可以拥有多个 Field。每个 Field 拥有各自的名称和值。每个名称唯一标识这个 Field，值则用来建立索引。值为该 Field 的全文本内容，它可使用 tokenize 方法建立到索引中。

3.4.3 如何

索引的建立和搜索都基于 Lucene。

索引储存在 HDFS。

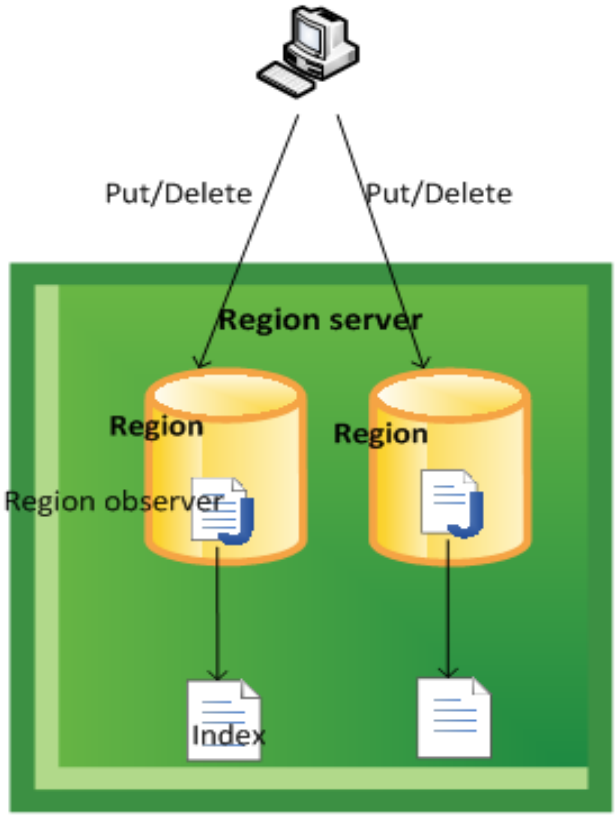
3.4.3.1 索引

全文索引是在何时和如何建立的？我们利用 HBase 的 RegionObseror 来监控每个 region 上的数据更新（put/delete/WALRestore），同时在每个 region 上同步建立索引（put/delete/WALRestore）。

这些索引被存储在 region 服务器的不同分片（shard）上，每一个索引分片与 region 是一一对应的。

注释： 目前由于索引 update 的性能不佳，该功能是不被支持的，只有 add/delete/WALRestore 是被支持的。

以下图片显示了索引是如何工作的。



3.4.3.1.1 IndexMetadata

我们在 HTableDescriptor 上定义一个名为 IndexMetadata 的属性。

- 如果这个元数据被赋值，当记录被 put/deleted/WALReloaded 时，索引将作出相应的操作。
- 如果这个元数据没有被赋值，那么索引将不会被建立。

IndexMetadata 描述了 Lucene 上的 fields 与 HBase 上的列之间的映射。

- Update mode: 是否采用更新模式。 目前只有非更新模式被支持。该值不需要被额外设置。
- Region index policy：这个属性定义了索引是如何被建立的，现在仅有同步索引策略（SynchronousRegionIndexPolicy）被实现。
- 一个或多个 IndexFieldMetadata：每个 IndexFieldMetadata 是 Lucene Field 和 HBase 列之间映射被实际定义的地方。
  - Name：这是索引 Field 的名字。
  - 一个或多个 IndexedHBaseColumn：Field 和 HBase 列之间的映射。一个 Lucene Field 可能包含一个或多个 HBase 的列，不同的列的值被一个 char 类型的值所分割，例如：“field value = column value + separator + column value + separator + column value …”

    Family name：Hbase 的列簇 （Column Family）。

    Qualifier names：Hbase 的限定符 （Qualifier）。
  - Separator：在 Field 值里，用于分隔来自于 HBase 中不同列的值，参见以上描述。
  - Type: 这个 Field 的值类型。
  - Stored：表明这个 Field 的值是否被保存。
  - Indexed： 表明这个 Field 是否需要建立索引。
  - Tokenized：表明这个 Field 是否需要进行分词。
  - Analyzer metadata name：AnalyzerMetadata 的类名。每个 AnalyzerMetadata 包含了搜索当前 Field 时在进行分词和检索时如何对值进行分析的有关信息。
  - The arguments of the analyzer metadata：AnalyzerMetadata 可能有参数，如果有，你可直接对该属性赋值。
- Search manner：目前，我们提供三种搜索方式，分别是 *NearRealTime*， *LastBufferFlush* 和 *LastCommit*。我们将在搜索章节讨论它们。

AnalyzerMetadata

这个类包含了在搜索中进行分词和检索查询时如何对文本进行分析的信息。

```
public interface AnalyzerMetadata {
    Analyzer createAnalyzer();

    QueryParser createMatchQueryParser();

    QueryParser createContainQueryParser();

    QueryParser createStartWithQueryParser();

    QueryParser createEndWithQueryParser();

    QueryParser createRangeQueryParser();
  }
```

目前，我们对抽象类有七种实现。如果所有当前实现不满足你的需求，你可以用自己 AnalyzerMetadata 实现，并将之设为 IndexFieldMetadata。

MMSegMaxWordAnalyzerMetadata

该 Anlayzer 使用字典对中文进行分词，对于英文将直接使用 Lucene 的 StopAnalyzer 进行分词。字典是可以可配置的。

如果参数 dicPath 没有被设置，那么将使用默认字典。

```
public MMSegMaxWordAnalyzerMetadata()
```

```
public MMSegMaxWordAnalyzerMetadata(String dicPath)
```

你可以如下所示将 metadata 分配到 IndexFieldMetadata 中。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzer-
Names.MMSEG_MAX_WORD_ANALYZER);
AnalyzerMetadataArg[] args = new AnalyzerMetadataArg[]{new AnalyzerMetadata-
Arg("dicPath", String.class)};

fieldMetadata.setAnalyzerMetadataArgs(args);
```

如果你想要使用默认字典，代码如下：

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.MMSEG_MAX_WORD_ANALYZE
R);
```

MMSegComplexAnalyzerMetadata

这一 metadata 与 MMSegMaxWordAnalyzerMetadata 是几乎相同的，除了 MMSegComplexAnalyzerMetadata 会把中文分词分割到更小的粒度，也就是不超过二个字。

SeparatorAnalyzerMetadata

此 Analyzer 使用字符分隔符解析文本。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.SEPARATOR_ANALYZ
ER);
AnalyzerMetadataArg[]args = new AnalyzerMetadataArg[]    {       new
AnalyzerMetadataArg(Character.valueOf('-'), Character.class)};

fieldMetadata.setAnalyzerMetadataArgs(args);
```

CommaSeparatorAnalyzerMetadata

这个是 SeparatorAnalyzerMetadata 的子类此 metadata 使用逗号作为分隔符。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.COMMA_SEPARATOR_
ANALYZER);
```

WhiteSpaceAnalyzerMetadata

这个 analyzer 使用 Lucene 的 WhitespaceAnalyzer 进行分词，使用空格来分割文本。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.WHITE_SPACE_ANAL
YZER);
```

SpanishAnalyzerMetadata

这个 analyzer 使用 Lucene 的 SpanishAnalyzer。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.SPANISH_ANALYZER
);
```

SizableNGramAnalyzerMetadata

这个 analyzer 使用 tokenizer 来覆盖 Lucene 的 NGramTokenizer 和 token filter 来覆盖 NGramTokenFilter。Lucene 的 NGramTokenizer 和 NGramTokenFilter 将文本生成若干 token，每个 token 的长度都小于 n。这样通过固定 token 的长度不仅节省了磁盘空间，同时加快了搜索的性能。

```
public SizableNGramAnalyzerMetadata()

public SizableNGramAnalyzerMetadata(Character separator, int[]
tokenLengths)
```

如下，使用默认的 SIZABLE_NGRAM_ANLAYZER，逗号将被作为分隔符，token 长度被设置为 {1,3,7}，这意味着经过分词过后的 token 的长度将是 1,3 或者 7。

以下代码显示了如何分配 metadata 到 IndexFieldMetadata。

以下代码使用默认 metadata。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.SIZABLE_NGRAM_AN
LAYZER);
```

以下代码使用默认 metadata。

```
fieldMetadata.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzerNames.SIZABLE_NGRAM_AN
LAYZER);
AnalyzerMetadataArg[] args = new AnalyzerMetadataArg[] { new
AnalyzerMetadataArg(Character.valueOf('-'), Character.class), new
AnalyzerMetadataArg(tokenLength, tokenLength.getClass()) };

fieldMetadata.setAnalyzerMetadataArgs(args);
```

3.4.3.1.2 样例代码

下面的代码片段显示了如何创建一个拥有 IndexMetadata 的 HTable。

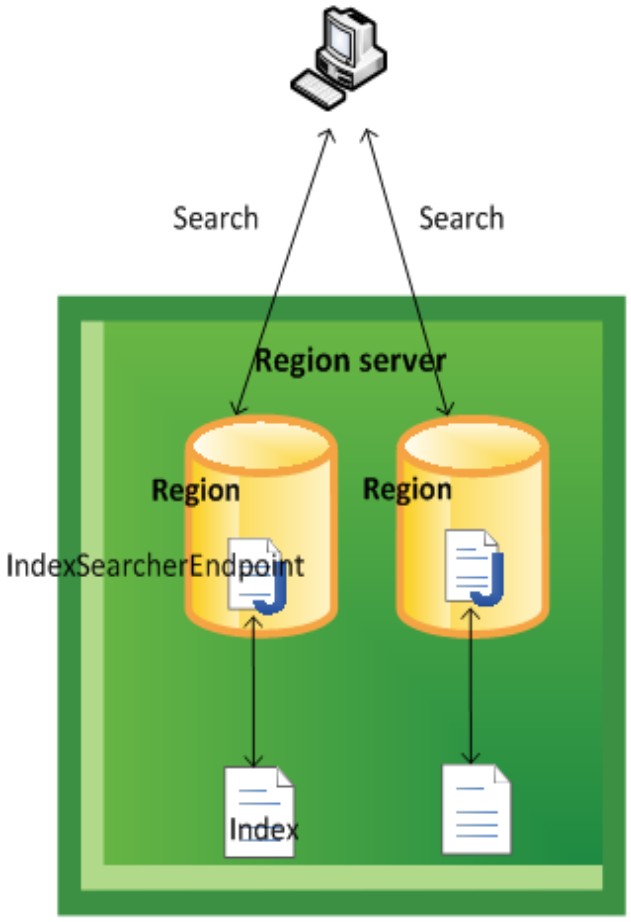
```
IndexMetadata indexMetadata = new IndexMetadata();

indexMetadata.setSearchMode(SearchMode.LastCommit);
IndexFieldMetadata valueMeta1 = new IndexFieldMetadata();
    valueMeta1.setName(Bytes.toBytes("field1"));
valueMeta1.setAnalyzerMetadataName(IndexAnalyzer-
Names.COMMA_SEPARATOR_ANALYZER);
valueMeta1.setIndexed(true);
valueMeta1.setTokenized(true);
valueMeta1.setStored(true);
valueMeta1.setType(IndexFieldType.STRING);

IndexedHBaseColumn column11 = new IndexedHBaseColumn(
        Bytes.toBytes("values"));
column11.addQualifierName(Bytes.toBytes("value1"));
column11.addQualifierName(Bytes.toBytes("value2"));

valueMeta1.addIndexedHBaseColumn(column11);
indexMetadata.addFieldMetadata(valueMeta1);

HTableDescriptor desc = new HTableDescriptor(Con-
stants.TABLE_NAME);
        desc.setIndexMetadata(indexMetadata);
```

```
desc.addFamily(new HColumnDescriptor("values"));
HBaseAdmin admin = getHBaseAdmin();
try {
     admin.createTable(desc);
} finally {
     admin.close();
}
```

3.4.3.2 搜索

如何搜索这些分布式的索引？我们使用 HBase 的 endpoint 来将这些搜索请求分发给各个 region。每一个 region 负责处理自己的搜索请求，并将这些结果返回给客户端。客户端会对这些结果做必要的合并，排序和分页工作。

以下图片显示了搜索功能是如何工作的。



现在我们提供三种搜索模式，*NearRealTime*、*LastBufferFlush* 和 *LastCommit*。这个方式在 IndexMetadata 中进行设置。

- *NearRealTime*：实时搜索模式，你可以在索引中进行 near real time 搜索。但是在大数据量插入的情况下，这种搜索的性能将受到影响，同时也会生成很多琐碎的索引段，从而对建立索引产生影响。

- *LastBufferFlush*：这个搜索模式不会像 *NearRealTime* 那样搜索实时数据，但是这种模式会比 *NearRealTime* 拥有更好的搜索性能同时对建立索引产生更小的影响。
- *LastCommit*：这种搜索模式只能搜索到那些自上次 HBase flush 之前所产生的数据。这种搜索模式比 *NearRealTime* 对建立索引产生更小的影响。

3.4.3.2.1 搜索 API

搜索 API 定义如下。你可以创建一个类的实例来调用这些 API。

第一个 API 将请求分配给所有运行的 region。

第二个 API 只将搜索请求分配给那些 row key 在参数 startKey 和 endKey 之间的 region。

注释： 第一个构造方法省略了通过 HTable 读取 IndexMetadata 的过程，所以拥有更好的性能。

```
public class IndexSearcherClient {
public IndexSearcherClient(HTable table, IndexMetadata indexMetadata){
  }

  public IndexSearcherClient(HTable table) throws IOException {
  }

public IndexSearchResponse search(final QueryExpression queryExpression,
int start, int count, final IndexSort sort)

public IndexSearchResponse search(final QueryExpression queryExpression,
      byte[] startKey, byte[] endKey, int start, int count, final
IndexSort sort)
}
```

QueryExpression

QueryExpression，这是一个只包含名称和值的对象，名字是指 Lucene field 名称，值是搜索关键词。

现在我们有几种不同的 QueryExpression。

MatchQueryExpression：查询该 field 上所有精确匹配搜索关键词的结果。

StartWithQueryExpression：查询该 field 上所有以该关键词开始的结果。

EndWithQueryExpression：查询该 field 上所有以该关键词结束的结果。

ContainQueryExpression：查询该 field 上所有包含该关键词的结果。

RangeQueryExpression：查询该 field 上所有符合该范围的结果。这个查询有以下属性：

- Name：索引 field 的名字
- Lower value：该 range 的下边界，如果这个值是空，则指这个查询没有下边界。
- includeLower：这是一个布尔值，它表明这个 range 是否包含 Lower value （> or >= lower value）。
- Upper value：该 range 的上边界，如果这个值是空，则表明这个查询没有上边界。
- includeUpper：这是一个布尔值，它表明这个 range 是否包含 Upper value （< or <= upper value）。

AndQueryExpression：这是一个布尔型的与查询，它可以包含所有 QueryExpression 类型的实例。

OrQueryExpression：这是一个布尔型的或查询，它可以包含所有 QueryExpression 类型的实例。

IndexSort

这个参数是用来对结果进行排序的。如果这个值是空，则结果会被按照关联度排序。

以下代码是 IndexSort 的构造函数。

```
public IndexSort()

public IndexSort(IndexSortField... sortFields)
```

在 IndexSortField 中有一个空的构造函数，还有一个由数个 IndexSortFields 组成的构造函数。

- 如果使用空的构造函数，则结果会按照关联度排序。
- 如果使用多个 IndexSortFields，则结果会按照 IndexSortFields 进行排序。

```
public IndexSortField()
public IndexSortField(String fieldName, boolean reverse,
        IndexSortPolicy policy)
```

目前共有三种 IndexSortPolicy。

- *SCORE*：按照关联度对结果排序。**这是一个默认的排序策略。**
- *DOC*：按照索引被建立的顺序对结果进行排序。
- *FIELD*：按照 field 的值对结果排序。如果你希望使用 field 来排序，**请确保该 field 已被储存的**。

其他参数

start 和 count 这两个参数是用来分页的。这些参数表示在排序后，如果希望取得参数 start 之后的数据，到 start+count 之间的数据。

startKey 和 endKey 用来缩小搜索范围。如果您知道搜索结果的 row key 范围，那么这两个参数就很有用。

返回值

返回值是一个 IndexSearchResponse 类的实例。它包含了以下属性：

- IndexableRecord 的数组：每个 IndexableRecord 来自于索引。
  - Id：这是 Lucene Document 的 id，你可使用 Bytes.toBytes(id) 来转换到字节数组，这个值相当于 HBase 中的一条记录的 row key。
  - A map of stored field：该 map 的键值是 String 类型的，它是 field 的名称，值是 Object 类型，它是 field 的值。该 map 包含了所有在 IndexFieldMetadata 中被标记为存储的 field。
- Total hits：这一属性表示在索引中有多少个 Document 和搜索匹配。

3.4.3.2.2 样例代码

下面的代码片段表明了如何使用这些 API 来搜索：

```
HTable table = new HTable(conf, Constants.TABLE_NAME.getBytes());
QueryExpression q2 = new ContainQueryExpression("field1", "I'm value1");
IndexSearcherClient client = new IndexSearcherClient(table);
```

```
IndexSearchResponse resp = client.search(q, 0, 50, null);
```

3.4.3.3 配置

在 *hbase-site.xml* 中有 HBase 全文本索引的一些配置，有些是必需的，有些是可选的但可帮助你获得更好性能。

注释： 此章节仅介绍必需的配置。

```
<property>
   <name>lucene.index.path</name>
   <value>hdfs:////tmp//regionsIndex</value>
</property>
<property>
   <name>hbase.coprocessor.user.region.classes</name>
   <value>org.apache.hadoop.hbase.search.LuceneRegionCoprocessor</value>
</property>
<property>
<name>hbase.coprocessor.master.classes</name>
   <value>org.apache.hadoop.hbase.search.LuceneMasterCoprocessor</value>
</property>
<property>
   <name>hbase.coprocessor.region.classes</name>

<value>org.apache.hadoop.hbase.coprocessor.search.IndexSearcherEndpoint</
value>

</property>
```

lucene.index.path：这是索引储存的目录。由于索引储存在 HDFS，请确保这是 HDFS 文件系统路径。

hbase.coprocessor.user.region.classes：这是用来监控 put/delete/WALRestore 这一 region 的观察者 （observer）。只有当配置被启用后，HBase 中的数据更新才能被监控且相应的索引可被建立。

hbase.coprocessor.master.classes：这是用来监控 HMaster 的 observer，当 HBase 中的表被删除后，它用来删除相关的索引。

hbase.coprocessor.region.classes：这是 HBase endpoint 的配置，它被 IndexSearcherClient 用于搜索。

3.5 样例：HBase：

HBase CreateTable 样例通过在你的集群中创建一张新的表来测试 HBase 的基本功能。如果分区表功能被关闭，且你想要创建跨集群的新表，你可更改 java 代码打开分区表功能 （将分区表参数更改为 true）。

如果表被分区，它需要至少二个 HBase 集群，以及设置 ‘ *hbase.use.partition.table=true’?*

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir>\HBaseTest_0_94\DDLTest

3.5.1 样例代码

3.5.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.table.create.Configure	设置程序的基础配置。
com.intel.hbase.table.create.TestCreateTable	在 HDFS 中创建表格。
com.intel.idh.test.util.ResultHTMLGenerater	将结果输出到 HTML 文件中。

3.5.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.table.create.TestCreateTable::createTable()	创建一个新的表格。
com.intel.hbase.table.create.TestCreateTable::genHTableDescriptor()	获得新表格的描述符。
com.intel.hbase.table.create.TestCreateTable::existsFamilyName()	判断该列簇名是否存在。
com.intel.idh.test.util.ResultHTMLGenerater::generateHTMLFile()	创建 HTML 文件的框架以显示结果。
com.intel.idh.test.util.ResultHTMLGenerater::printInfo()	将表格的内容加入 HTML 文件中。

3.5.1.3 源代码

以下两种方法在 com.intel.hbase.table.create.TestCreateTable.class 类中：

```
//generate the descriptor of the table
public static HTableDescriptor genHTableDescriptor(String tableName) {

//create the table
       HTableDescriptor ht = new HTableDescriptor(tableName);
       //create the column family of the table
       HColumnDescriptor desc = new
HColumnDescriptor(Configure.FAMILY_NAME);
       Configure.configColumnFamily(desc);
       ht.addFamily(desc);
       return ht;
   }
//use the descriptor to create the table
public static void createTable(String tableName) {

       boolean result = false;

       try {
```

```
            removeTable(tableName);
            hba.createTable(genHTableDescriptor(tableName));
        //check if the table is created successfully
            result = hba.tableExists(tableName);
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        } finally {
            rg.addCase("CreateTable",
                    "Create Table using createTable(HTableDescriptor desc) ",
                    result);
        }
    }
public static boolean existsFamilyName(HBaseAdmin hba, String tableName,
            String columnName) {
        HTableDescriptor[] list;
        try {
            list = hba.listTables();
            for (int i = 0; i < list.length; i++) {
                if (list[i].getNameAsString().equals(tableName))
                    for (HColumnDescriptor hc : list[i].getColumnFamilies())
{
                        if (hc.getNameAsString().equals(columnName))
                            return true;
                    }
            }
        } catch (IOException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
        return false;
    }

public void generateHTMLFile(String file) {
        StringBuffer sb = new StringBuffer();
        sb.append("<html>");
        sb.append("<head>");
        sb.append("<title>" + title + "</title>");
        sb.append("</head>");
        sb.append("<body>");
        sb.append("<table border=1>");
        for (ResultInfo info: this.info ) {
```

```
            printInfo(sb, info);
        }
        sb.append("</table>");
        sb.append("</body>");
        try {
            FileWriter fw = new FileWriter(file);
            fw.append(sb);
            fw.close();
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }



    private void printInfo(StringBuffer sb, ResultInfo info) {
        sb.append("<tr>");
        sb.append("<td>" + info.name + "</td>");
        sb.append("<td>" + info.desciption + "</td>");
        if (info.pass) {
            printPassed(sb);
        } else {
            printFailed(sb);
        }
        sb.append("</tr>");
    }
```

3.5.2 用法

该样例用来创建一个新的表格并将其展示在 HTML 网页中。

3.5.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经安装 IDH 的集群中。

将目录 */etc/hbase/conf/* 下的文件 hbase-site.xml 拷贝到目录

/<install_dir>/TestHbaseAdmin/conf/

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 */root/usr/lib/* 目录下的 jar 包，比如 hbase_VERSION.jar 和 zookeeper_VERSION.jar，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 build.xml 文件中的 jar 包名称。

打开浏览器，登录页面： https://host:9443。进入目录 *Configuration/hbase/Full Configuration* 并将 hbase.use.partition.table 的值设为 true。

你需要将与你集群关联的 ZooKeeper 地址填入 hbase.partition.zookeeper 中。保存你的更改并点击集群配置。

注释： 你可能需要重启你的 HBase 服务来使更改生效。你可在 shell 中输入指令 service hbase-master restart。

运行指令：

```
ant TestCreateTable
```

新的表格可以在当前目录下的文件 result.html 中找到。

3.5.2.2 分析结果

页面 result.html 结果如下：

CreateTable	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc)	PASSED
CreateTableWithSplitKeys	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc, byte [][] splitKeys):4_Test_Table_SpilitKey	PASSED
CreateTableWithStartAndEndKey	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc, byte[] startKey, byte[] endKey, int numRegions):4_Test_Table_StartKey_EndKey_Num	PASSED
createPartionTable	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc, ClusterLocator locator):4_Test_Table_Locator	PASSED
createPartitionTableWithSplitKeys	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc, byte[][] splitKeys, ClusterLocator locator):4_Test_Table_Spilit_Key_Locator	PASSED
createPartitionTableWithStartAndEndKey	Create Table using createTable(HTableDescriptor desc, byte[] startKey, byte[] endKey, int numRegions, ClusterLocator locator):4_Test_Table_StartKey_EndKey_Num_Locator	PASSED
add column test1	add column test1 to 4_Test_Table get exception	PASSED
delete column test1	delete column test1 from 4_Test_Table get exception	PASSED
disable table	disable table 4_Test_Table	PASSED
add column test2	add column test2 to 4_Test_Table	PASSED
delete column test2	delete column test1 from 4_Test_Table	PASSED
enable table	enable table 4_Test_Table	PASSED
createTableFromLocatorString	Create Table using parseClusterLocatorString---table name:4_Test_Table_LocatorStr_Suffix, cluster string:SuffixClusterLocator (':')	PASSED
createTableFromLocatorString	Create Table using parseClusterLocatorString---table name:4_Test_Table_LocatorStr_Prefix, cluster string:PrefixClusterLocator (':')	PASSED
createTableFromLocatorString	Create Table using parseClusterLocatorString---table name:4_Test_Table_LocatorStr_Substring, cluster string:SubstringClusterLocator(0,3)	PASSED
createTableFromLocatorString	Create Table using parseClusterLocatorString---table name:4_Test_Table_LocatorStr_Composite, cluster string:CompositeSubstringClusterLocator(':', 0)	PASSED

你可以在 result.html 页面中检查是否所有的指令均已运行成功。

3.6 样例：HBase Replication

HBase Replication sample 通过设置在集群中一个已存在的表格的复制次数来测试 HBase 的基本功能。你可以更改样例中参数来改变表格的复制次数。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\HBaseTest_0_94\DDLTest

3.6.1 样例代码

3.6.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.table.create.Configure	设置程序的基本配置。
com.intel.hbase.table.replication.TestReplication	测试 HDFS 的复制功能。

3.6.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.table.create.Configure::genHTableDescriptor()	获得新表格的描述符。
com.intel.hbase.table.create.Configure::getHBaseConfig()	返回目前配置的 _config 参数。

3.6.1.3 源代码

以下样例代码在 com.intel.hbase.table.create.TestReplication.class 类中。

其他关键方法可在之前的样例 3.5.1.3 源代码中找到。

```
public class ToLowCase {
    private static String tableName = "replication_1";

    public static void main(String[] agrs) {
        HBaseAdmin hba = null;
        HTable table = null;
        try {
            hba = new HBaseAdmin(Configure.getHBaseConfig());
            //create a new HBase Admin
            hba.createTable(Configure.genHTableDescriptor(tableName,
(short)1));//replicate one new table
            table = new HTable(Configure.getHBaseConfig(), tableName);
            Put put = new Put(Bytes.toBytes("007"));//add a new record,
whose rowkey is ‘007’
            put.add(Bytes.toBytes(Configure.FAMILY_NAME),
Bytes.toBytes("key"),Bytes.toBytes("value"));
            table.put(put);
            table.flushCommits();
            hba.disableTable(tableName);

        } catch (MasterNotRunningException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (ZooKeeperConnectionException e) {
```

```
            e.printStackTrace();
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        } finally {
            if(hba != null) {
                try {
                    hba.close();//close the HBaseAdmin
                } catch (IOException e) {
                }
            }
             if (table != null) {
                 try {
                    table.close();//close the table
                } catch (IOException e) {
                }
             }

        }
    }
}
```

3.6.2 用法

通过修改复制次数的参数，你可以检测 HBase 组件复制准确度。

3.6.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经装好 IDH 的集群中。

将在目录 */etc/hbase/conf/* 下的文件 hbase-site.xml 拷贝到目录 */<install_dir>/DDLTest/conf/*。

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 /root/usr/lib/ 目录下的 jar 包，比如 hbase_VERSION.jar 和 zookeeper_VERSION.jar，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 build.xml 文件中的 jar 包名称。

检查集群中是否已经存在表格 Test_Replication_1，否则会报错 Table Exist Exception。（在 HBase shell 中输入命令列出表格名单然后检查）。若存在，请删除表格。

执行指令：

```
ant TestTableReplication
```

进入 HDFS 概述页面 （ http://namenode:50070 ），点击浏览文件系统按钮。

进入目录 */hbase/Test_Replication_1/* 来检查在 family 文件夹中的复制次数是否为 1。

现在你可以修改 /src/…/TestReplication.java 中的复制次数参数值为 0 或负值，并再次运行样例。

3.6.2.2 分析结果

网页显示如下：

Contents of directory /hbase/replication_1/96fe5f735ea7dleaf6c97610a3a76b95/family

Goto : /hbase/replication_1/9(go

Go to parent directory

Name	Type	Size	Replication	Block Size	Modification Time	Permission	Owner	Group
505ef5e1fdff4256bf909d1bfd286928	file	0.74 KB	1	128 MB	2012-08-15 11:18	rw-r--r--	hbase	hbase

Go back to DFS home

如果你将复制次数的参数值修改为 0 或者负值，网页中复制次数会变为 3。

3.7 样例：HBase Aggregate

HBase Aggregate 样例通过创建一个新的表格并对其进行统计分析，比如求最小最大值、计算行数、求和和求平均值，以检验 HBase 的基本功能。你可以选择在 HBase shell 或者使用样例代码中提供的 API 来检验某一统计功能。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\HBaseTest_0_94\HBaseSampleCaseTest

3.7.1 样例代码

3.7.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner	aggregate 方法的运行程序。
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateTest	检测 aggregate 方法使用的时间。
com.intel.hbase.test.createTable.TableBuilder	在 HDFS 中创建新的表格。

3.7.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner::getColumnInterpreter()	转化列中的数据类型。
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner::run()	提供统计功能的 API，比如求最大最小值、求和等。

3.7.1.3 源代码

以下样例代码在

com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner.class 类中。

```
private ColumnInterpreter<Long, Long> getColumnInterpreter() {
        String interpreter = props.getProperty(COLUMN_INTERPRETER_KEY);
        if (interpreter.equalsIgnoreCase("LongStr")) {
```

```
            return new LongStrColumnInterpreter();
        } else if (interpreter.equalsIgnoreCase("CompositeLongStr")) {
            String delim = props.getProperty(DELIM_KEY, ",");
            int index;
            index = Integer.parseInt(props.getProperty(INDEX_KEY, "0"));
            return new CompositeLongStrColumnInterpreter(delim, index);
        } else if (interpreter.equalsIgnoreCase("Long")) {
            return new LongColumnInterpreter();
        } else
            return null;

    }

public void run() {
        props = new Properties();
        try {
            InputStream in = new BufferedInputStream(new FileInputStream(
                    configFileName));//get the configure input
            props.load(in);
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
            System.out.println("File " + configFileName + " is NOT
valid.Please have a check first.");
            return;
        }

        String address = props.getProperty(HBASE_ADDRESS_KEY);//get the
parameters
        byte[] table = Bytes.toBytes(props.getProperty(TABLE_KEY));
        String action = props.getProperty(ACTION_KEY);
        String timeoutValue = props.getProperty(RPC_TIMEOUT, "120000");

        Configuration conf = HBaseConfiguration.create();
        try {
            ZKUtil.applyClusterKeyToConf(conf, address);
            long timeout = Long.parseLong(timeoutValue);
            conf.setLong("hbase.rpc.timeout", timeout);
            //create the aggragation client
            AggregationClient aClient = new AggregationClient(conf);

            Scan scan = new Scan();
```

```
            if (!configScan(scan))
                return;

            final ColumnInterpreter<Long, Long> columnInterpreter =
 getColumnInterpreter();
            if (columnInterpreter == null) {
                System.      out.println("The value of 'interpreter' set in
configuration file
 "+ configFileName + " seems wrong." + "Please have a check .");

return;
            }

            try {//call the specified aggregate method

                if (action.equalsIgnoreCase("rowcount")) {
                    Long rowCount = aClient.rowCount(table,
columnInterpreter, scan);
                    System.out.println("The result of the rowCount is " +
rowCount);
                } else if (action.equalsIgnoreCase("max")) {
                    Long max = aClient.max(table, columnInterpreter, scan);
                    System.out.println("The result of the max is " + max);
                } else if (action.equalsIgnoreCase("min")) {
                    Long min = aClient.min(table, columnInterpreter, scan);
                    System.out.println("The result of the min is " + min);
                } else if (action.equalsIgnoreCase("sum")) {
                    Long sum = aClient.sum(table, columnInterpreter, scan);
                    System.out.println("The result of the sum is " + sum);
                } else if (action.equalsIgnoreCase("std")) {
                    Double std = aClient.std(table, columnInterpreter, scan);
                    System.out.println("The result of the std is " + std);
                } else if (action.equalsIgnoreCase("median")) {
                    Long median = aClient.median(table, columnInterpreter,
scan);
                    System.out.println("The result of the median is " +
median);
                                } else if (action.equalsIgnoreCase("avg")) {
                                    Double avg = aClient.avg(table,
columnInterpreter, scan);
                                System.out.println("The result of
the avg is " + avg);
                } else {
```

```
                System.out.println("The action '" + action + "' set in
configuration file
 "+ configFileName + " doesn't exist.");
                return;

            }
         } catch (Throwable e) {
            e.printStackTrace();
         }
      } catch (NumberFormatException e) {
         System.out.println("Invaild argument!");
      } catch (IOException e1) {
         e1.printStackTrace();
      }
   }
```

3.7.2 用法

你可以在新建的表格上测试统计功能。无论是通过 HBase shell 还是样例代码中的 API。

3.7.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经装 IDH 的集群中。

将目录 */etc/hbase/conf/* 下的文件 *hbase-site.xml* 拷贝到目录 */<install_dir>/HBaseSampleTestCase/conf/*。

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 */root/usr/lib/* 目录下的 jar 包，比如 hbase_VERSION.jar 和 zookeeper_VERSION.jar，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 build.xml 文件中的 jar 包名称。

运行指令：

```
ant BuildTable
```

指令完成后，你可以进入 HBase shell 中检查新建的表格 Test_Aggregate。

你可以修改 BuildTable 目标的参数值来改变表格的大小。

默认值为：7 false 7 表示插入个数数据条目 10^7

你可以输入指令：hbase shell ，然后运行统计功能（min、max、rowcount、sum、avg），例如：

aggregate 'min', ' Test_Coprocessor', 'family:longStr2'

修改目录 */<install_dir>/test_coprocessor/src/conf.co* 下的文件 *conf.co* 来修改参数值，比如：

hbase_address=server-137.novalocal,server-138.novalocal,server-139.novalocal:2181:/hbase 集群的 HBase 服务器名称

table=Test_Coprocessor 新的表格名称

action=max 调用的统计功能（min、max、rowcount、sum、avg）

columns=family:compositeLongStr 表格列的数据类型

interpreter=CompositeLongStr 翻译类型包括 LongStr、CompositeLongStr、Long

delim=,

index=1

hbase.rpc.timeout=30000

然后，运行指令：

```
ant Aggregate
```

注释： 你需要根据你的集群中 ZooKeeper 的主机名来修改 hbase_address 参数。

3.7.2.2 分析结果

Test_Aggregate 表中的样例数据：

```
9998,c01
column=family:compositeLongStr, timestamp=1344996743045, value=9998,10098
 9998,c01                                          column=family:long,
timestamp=1344996743045, value=\x00\x00\x00\x00\x00\x00'\x0E
 9998,c01                                          column=family:longStr1,
timestamp=1344996743045, value=9998
 9998,c01                                          column=family:longStr2,
timestamp=1344996743045, value=9998
 9999,c02
column=family:compositeLongStr, timestamp=1344996743034, value=9999,10099
 9999,c02                                          column=family:long,
timestamp=1344996743034, value=\x00\x00\x00\x00\x00\x00'\x0F
 9999,c02                                          column=family:longStr1,
timestamp=1344996743034, value=9999
 9999,c02                                          column=family:longStr2,
timestamp=1344996743034, value=9999
```

如果你在 HBase shell 的命令中输入 'min', ' Test_Aggregate, 'family:longStr2' , 你将得到以下结果：

表 Test_Aggregate 的 min 结果为 0.

如果你编辑 conf.co （action = min)，然后运行命令 ant Coprocessor，你将得到以下结果：

```
clean:
/root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/bin

init:
    [mkdir] Created dir: /root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/bin
     [copy] Copying 2 files to /root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/bin

build-project:
     [echo] HBaseSampleCaseTest: /root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/
build.xml
```

```
    [javac] Compiling 6 source files to /root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/
bin

build:

Aggregate:
     [java] /root/xhao1/HBaseSampleCaseTest/.
     [java] The result of the min is 0
     [java] The result of the rowCount is 10000
```

3.8 样例：HBase Parallel Scanning

HBase Parallel Scanning 样例检测 HBase 上并行运行指令（rowcount、min、max 等）的有效性和可靠性。你可以在此样例中比较 normal scanning 和 parallel scanning 的运行速度。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\HBaseTest_0_94\HBaseSampleCaseTest

3.8.1 样例代码

3.8.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner	aggregate 方法的运行程序。
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateTest	检测 aggregate 方法使用的时间。
com.intel.hbase.test.createtable.TableBuilder	在 HDFS 中创建新的表格。
com.intel.hbase.test.parallelscanner	并行启动扫描器。
com.intel.hbase.test.util.TimeCounter	计算消耗的时间
com.intel.hbase.test.util.TimeUtil	时间工具的接口

3.8.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner::configScan()	获得新的表格描述符
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateOperationRunner:: getColumnInterpreter()	通过数据类型分析列中数据
com.intel.hbase.test.aggregate.AggregateTest::parseArgs()	读取 conf.co 文件中的参数值
com.intel.hbase.test.parallelscannel::main()	并行扫描的主要方法

3.8.1.3 源代码

以下样例代码在 com.intel.hbase.test.parallelscanner.class 类中。

其他关键方法的源代码可在之前的样例 3.7.1.3 源代码中找到。

```
package com.intel.hbase.test.parallelscanner;

import org.apache.hadoop.hbase.client.HTable;
import org.apache.hadoop.hbase.client.Result;
import org.apache.hadoop.hbase.client.ResultScanner;
import org.apache.hadoop.hbase.client.Scan;
import org.apache.hadoop.hbase.util.Bytes;
import com.intel.hbase.test.util.TimeCounter;

public class ParallelScannerTest {

      public static void main(String[] args) throws Exception {
            if (args.length < 4) {
              throw new Exception("Table name not specified.");
            }
            HTable table = new HTable(args[0]);//create a new table
            String startKey = args[1];//set the start key
            String stopKey = args[2]; //set the end key
            boolean isParallel = Boolean.parseBoolean(args[3]);
                     System.out.println("++ Parallel Scanning : " +
isParallel + " ++");

            TimeCounter executeTimer = new TimeCounter();
            executeTimer.begin();//start counting the time elapsed
            executeTimer.enter();

Scan scan = new Scan(Bytes.toBytes(startKey),
      Bytes.toBytes(stopKey));
            int count = 0;
         ResultScanner scanner = isParallel ?
table.getParallelScanner(scan) :
                                        table.getScanner(scan);
//get the normal or parallel scanner based on the args
            Result r = scanner.next();
            while (r != null) {//traverse the table
              count++;
              r = scanner.next();
            }
           System.out.println("++ Scanning finished with count : " + count
+ " ++");
```

```
            scanner.close();

            executeTimer.leave();//close the timer
            executeTimer.end();
            System.out.println("++ Time cost for scanning: " +
 executeTimer.getTimeString() + " ++");
        }
}
```

3.8.2 用法

通过修改 *conf.co* 和 *conf2.co* 文件，你可以修改 aggregate 方法（例如 rowcounter、min、max 等）和集群中的其他参数来检测 HBase 的 parallel scanning 功能。参数的定义和上一个样例类似。

3.8.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经装 IDH 的集群中。

将目录 */etc/hbase/conf/* 下的文件 *hbase-site.xml* 拷贝到目录 */<install_dir>/HBaseSampleCaseTest/conf/*。

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 */root/usr/lib/* 目录下的 jar 包，比如 hbase_VERSION.jar 和 zookeeper_VERSION.jar，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 build.xml 文件中的 jar 包名称。

首先，你需要通过以下指令创建一个新的表格：

```
ant BuildTable
```

如果你想运行 normal scanning，只需键入如下指令：

```
ant NormalScan
```

如果你想运行 parallel scanning，你可以修改 build.xml 中的参数，例如：

```
<target depends="build" name="ParallelScan" >
<java
classname="com.intel.hbase.test.parallelscanner.ParallelScannerTest"
failonerror="true" fork="yes">
          <classpath refid="test.classpath"/>
             <arg line="Test_Aggregate 0000,c01 9999,c01 true"/>
       </java>
</target>
```

Test_Aggregate：表格名称

0000,c01：开始键

9999,c01：结束键

true：开启 parallel scanning 功能

然后，运行指令：

```
    ant ParallelScan
```

3.8.2.2 分析结果

执行完 normal scanning 后，你将得到如下结果：

```
build:

NormalScan:
     [java] ++ Parallel Scanning : false ++
     [java] ++ Scanning finished with count :9999 ++
    [java] ++ Time cost for scanning: [299 ms] --> 0(h):0(m):0(s).299(ms)
++

BUILD SUCCESSFUL
Total time:12 seconds
```

执行完 parallel scanning 后，你将得到如下结果：

```
build:

ParallelScan:
     [java] ++ Parallel Scanning : true ++
     [java] ++ Scanning finished with count :9999 ++
    [java] ++ Time cost for scanning: [232 ms] --> 0(h):0(m):0(s).232(ms)
++

BUILD SUCCESSFUL
Total time:12 seconds
```

可见 parallel scanning 比 normal scanning 速度更快。

3.9 样例：HBase Group-by

HBase Group-by 样例可将表格中数据按照指定表达式要求分组。 如果数据被分裂成几个小部分，该指令可以运行得更迅速。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir>\HBaseTest_0_94\HBaseSampleCaseTest

3.9.1 样例代码

3.9.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.table.test.groupby.GroupByOperationRunner	Group-by 方法的运行启动函数。
com.intel.hbase.table.test.groupby.GroupByTest	测试 group-by 消耗的时间。

3.9.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.table.test.groupby.GroupByOperationRunner:: configGroupByKey ()	按键值将列值分组。
com.intel.hbase.table.test.groupby.GroupByOperationRunner::configSelectExpressions()	运行统计指令。
com.intel.hbase.table.test.groupby.GroupByTest::parseArgs()	读取 conf.gb 中的参数值。

3.9.1.3 样例代码

以下样例代码在

com.intel.hbase.table.create.GroupByOperationRunner.class 类中：

```
    private boolean configGroupByKey(List<Expression> groupByExpresstions,
 List<Expression> selectExpresstions) {
        String columns = props.getProperty(GROUGBY_KEY_KEY);
        StringTokenizer st = new StringTokenizer(columns, ", ");
        while (st.hasMoreTokens()) {//traverse all the columns
            //get the columns by using the split token “:”
            String column[] = st.nextToken().split(":");
            switch (column.length) {
            case 2:
//store the value of the columns in the array, groupByExpressions
groupByExpresstions.add(ExpressionFactory.columnValue(column[0],
column[1]));
//add the columns grouped by key
selectExpresstions.add(ExpressionFactory.groupByKey(ExpressionFactory.col
umnValue(column[0], column[1])));
                break;
            default:
                System.out.println("The value of 'KEY' set in configuration
file "
                        + configFileName + " seems incorrect.Please have a
check first.");
                return false;
```

```
            }
        }
        return true;
    }


    private boolean configSelectExpresstions(List<Expression>
selectExpresstions) {
        String aggregations = props.getProperty(GROUGBY_SELECT_KEY);
        StringTokenizer st = new StringTokenizer(aggregations, ", ");
        while (st.hasMoreTokens()) {
            String aggregation[] = st.nextToken().split("#");
            String action = aggregation[0];
            String columns = aggregation[1];
            String column[] = columns.split(":");
            if(2 != column.length){
                System.out.println("The value of 'SELECT' set in
configuration file "
                        + configFileName + " seems incorrect.Please have a
check first.");
                return false;
            }else{
                Expression columnValueExp =
ExpressionFactory.columnValue(column[0],

column[1]);
                //select the column value according to the action
                if (action.equalsIgnoreCase("rowcount")) {

selectExpresstions.add(ExpressionFactory.count(columnValueExp));
                } else if (action.equalsIgnoreCase("max")) {

selectExpresstions.add(ExpressionFactory.max(columnValueExp));
                } else if (action.equalsIgnoreCase("min")) {

selectExpresstions.add(ExpressionFactory.min(columnValueExp));
                } else if (action.equalsIgnoreCase("sum")) {

selectExpresstions.add(ExpressionFactory.sum(columnValueExp));
                } else if (action.equalsIgnoreCase("std")) {

selectExpresstions.add(ExpressionFactory.stdDev(columnValueExp));
                } else if (action.equalsIgnoreCase("avg")) {
```

```
selectExpresstions.add(ExpressionFactory.avg(columnValueExp));
                } else{

                }
            }

        }
        return true;

    }
```

3.9.2 用法

你可以在此样例中检测 HBase 中分组功能的有效性。

3.9.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经装 IDH 的集群中。

将目录 /etc/hbase/conf/ 下的文件 *hbase-site.xml* 拷贝到目录 */<install_dir>/HBaseSampleCaseTest/conf/*。

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 */root/usr/lib/* 目录下的 jar 包，比如 *hbase_VERSION.jar* 和 *zookeeper_VERSION.jar*，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 *build.xml* 文件中的 jar 包名称。

检查集群中是否已经存在表格 Test_Replication_1，避免已有数据被删除。

运行指令：

```
ant BuildTable
```

指令完成后，你可以进入 HBase shell 中检查新建的表格 Test_Aggregate。

你可以修改 BuildTable 目标的参数值来改变表格的大小。

默认值为：7 false　7 表示插入个数数据条目 10^7

现在你可以运行以下指令检测 HBase 的分组功能：

```
ant GroupBy
```

注释： 你可以修改 conf.gb 中的参数，例如：

```
hbase_address=bdqac2-node2,bdqac2-node3,bdqac2-node4:2181:/hbase
```

集群中 HBase 服务器的地址

```
table=Test_Aggregate
```

表格名称

```
hbase.rpc.timeout=120000
```

```
KEY=family:mod10Str
```

关键值的类型

```
SELECT=rowcount#family:longStr2
```

作用于列簇上的调用的统计方法（min、max、rowcount、sum、avg）

3.9.2.2 分析结果

如下为分组功能运行消耗时间：

```
build:

GroupBy:
     [java] /root/mtest/HBaseSampleCaseTest/.
     [java] ++ Time cost for GroupBy [config -> src/conf.gb]: [795 ms] --
> 0(h):0(m):0(s).795(ms) ++
```

3.10 样例：HBase Expressionfilter

HBase Expressionfilter 样例中定义了表达式，根据此表达式过滤数据得到结果集。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir>\HBaseTest_0_94\HBaseSampleCaseTest

3.10.1 样例代码

3.10.1.1 关键类

类名	描述
com.intel.hbase.table.test.expressionfilter.ExpressionFilterTest	测试表达式过滤方法的有效性。

3.10.1.2 关键方法

方法	描述
com.intel.hbase.table.test.expressionfilter.ExpressionFilterTest::main()	测试中的主要方法

3.10.1.3 样例代码

以下样例代码在

com.intel.hbase.table.test.expressionfilter.ExpressionFilterTest.class. 类中。

```
   public class ExpressionFilterTest {

     public static void main(String[] args) throws Exception {
          if (args.length < 2) {
            throw new Exception("Table name not specified.");
          }
          Configuration conf = HBaseConfiguration.create();
          HTable table = new HTable(conf,args[0]);
          String startKey = args[1];
```

```
            //set the time counter
            TimeCounter executeTimer = new TimeCounter();
            executeTimer.begin();
            executeTimer.enter();

//define the expression used to filter the data in the table.The
expression
 here is to filter out the data that equals to 99.
Expression exp = ExpressionFactory.eq(ExpressionFactory.toLong(
ExpressionFactory.toString(ExpressionFactory.columnValue("family",
"longStr2"))), ExpressionFactory.constant(Long.parseLong("99")));
            ExpressionFilter expressionFilter = new ExpressionFilter(exp);
            Scan scan = new Scan(Bytes.toBytes(startKey),
expressionFilter);
            int count = 0;
            ResultScanner scanner = table.getScanner(scan);
            Result r = scanner.next();
           //scan the table
            while (r != null) {
              count++;
              r = scanner.next();
            }
           System.out.println("++ Scanning finished with count : " + count
+ " ++");
            scanner.close();

            executeTimer.leave();
            executeTimer.end();
            System.out.println("++ Time cost for scanning: " +
executeTimer.getTimeString() + " ++");
      }
}
```

3.10.2 用法

你可以在代码中定义自己的表达式来检测 HBase 的 expressionfilter 功能。

3.10.2.1 运行样例

将包含样例代码的文件导入你已经装 IDH 的集群中。

将目录 /etc/hbase/conf/ 下的文件 *hbase-site.xml* 拷贝到目录 */<install_dir>/HBaseSampleCaseTest/conf/*。

如果你的集群的 HBase 版本是 0.94，你可略过此步骤。

检查 /root/usr/lib/ 目录下的 jar 包，比如 hbase_VERSION.jar 和 *zookeeper_VERSION.jar*，若是它们的版本号和样例程序中的不同，你需要将不同的 jar 包拷贝到样例代码的 lib 目录下并且更改 build.xml 文件中的 jar 包名称。

检查集群中是否已经存在表格 Test_Replication_1，以避免误删数据。

运行指令：

```
ant BuildTable
```

指令完成后，你可以进入 HBase shell 中检查新建的表格 Test_Aggregate。

你可以修改 BuildTable 目标的参数值来改变表格的大小。

默认值为：7 false　7 表示插入个数数据条目 10^7

注释： 你也可以通过修改 build.xml 中的表格名来使用自己的表格。

现在，你可以使用以下指令启动样例：

```
ant ExpressionFilter
```

3.10.2.2 分析结果

```
build:

ExpressionFilter:
     [java] ++ Scanning finished with count :1 ++
    [java] ++ Time cost for scanning: [211 ms] --> 0(h):0(m):0(s).211(ms)
++

BUILD SUCCESSFUL
Total time:12 seconds
```

4.0 ZooKeeper

4.1 先决条件

确定 ZooKeeper 已被正确安装配置并正在运行中。

4.2 概述

作为一个支持分布式系统同步软件，ZooKeeper 可以维护系统配置，集群用户信息，命名以及其他相关信息。

ZooKeeper 将不同同步服务集成到一个简单易用的用户界面。它具有分布性和高可靠性。

ZooKeeper 中有两种运行模式：

- 单机模式：
  ZooKeeper 仅运行在一个服务器上。可用来测试相关环境配置。
- 复制模式：
  ZooKeeper 运行在集群上，适合生产模式。这个计算机集群被称为一个 “ 集合体 ”。服务器的数目应为单数。

ZooKeeper 为一树状文件系统，由 znode 组成。每个 znode 均与访问控制列表 （ACL）相连。

ZooKeeper 中约有九种操作：

操作	描述
Create	Create a znode (a parent node must be provided)
Delete	Delete a znode, which has no children nodes
Exists	Test if the znode exists
getACL,setACL	Get/set the ACL of a znode
getChildren	Get the list of children nodes of a znode
getData,setData	Get/set the stored data of a znode
Sync	Synchronize the view of znode client with ZooKeeper

客户端可以在 znode 上设置 watch。如果 znode 发生改变，watch 会被一次触发，然后被清空。例如，某客户端调用 getData （“/znode1”， true），使得 /znode1 的数据被更改，客户端会得到对于 /znode1 的一次 watch 事件。如果 /znode1 再次改变，除非客户端又一次进行读取操作且设置一个新的 watch，否则不会产生 watch 事件。
ZooKeeper 中使用 ACL 操作来控制对于 znode 的读写路径。它没有 znode 的拥有者概念。尤其是，它的操作不会应用于子节点。例如，若 /a 仅被 IP: 127.0.0.1 可读，且 /a/b 具有普遍可读性，那么你就可以读取 /a/b。ACL 操作非递归。

ZooKeeper 支持 5 种权限：

- CREATE：创建一个子节点
- READ：得到该节点数据并列出子节点
- WRITE：设置节点数据
- DELETE：删除一个子节点
- ADMIN：设置权限

（若需更多信息，访问 http://zookeeper.apache.org/doc/r3.2.2/zookeeperProgrammers.html）

4.3 样例：ZooKeeper Standalone Operation

单机模式易于启动。你需要先找到 ZooKeeper 的安装目录。

4.3.1 样例代码

4.3.1.1 关键类

N/A

4.3.1.2 关键方法

N/A

4.3.1.3 源代码

N/A

4.3.2 用法

本例中，你可以启动 ZooKeeper 并尝试一些基本操作。

4.3.2.1 运行样例

你需要拥有一个配置文件，才能启动 ZooKeeper。 比如，创建文件 conf/zoo.cfg，一些属性解释如下：

```
tickTime = 2000 //the basic time unit in milliseconds used by
dataDir = /var/zookeeper//the location to store the in-memory database snapshots and, unless specified otherwise, the transaction log of updates to the database
clientPort = 2181 //the port to listen for client connections
```

现在，你可以使用以下指令启动 ZooKeeper：

```
bin/zkServer.sh start
```

当你启动了 ZooKeeper 后，你可以通过以下指令连接 ZooKeeper：

```
bin/zkCli.sh 127.0.0.1:2181
```

注释： 如果你想要启动复制的 ZooKeeper，你只需要编辑 conf/zoo.cfg 文件。例如：

```
tickTime=2000
dataDir=/var/zookeeper
clientPort=2181
initLimit=5  //the timeouts ZooKeeper uses to limit the length of time the ZooKeeper servers in quorum have to connect to a leader
```

```
syncLimit=2   //how far out of data a server can be from a leader
server.1=zoo1:2888:3888   //first port: connect to other peers;second port: leader election
server.2=zoo2:2888:3888
server.3=zoo3:2888:3888
```

你可以输入指令 -help 得到 ZooKeeper 中指令使用方法。

4.3.2.2 分析结果

你所得到的 ZooKeeper 中的帮助界面如下：

```
[zk:127.0.0.1:2181(CONNECTING) 1] -help
ZooKeeper -server host:port cmd args
            connect host:port
            get path [watch]
            ls path [watch]
            set path data [version]
            delquota [-n|-b] path
            quit
            printwatches on|off
            create [-s] [-e] path data acl
            stat path [watch]
            close
            ls2 path [watch]
```

4.4 样例：ZooKeeper API

ZooKeeper 通常被用来使用其 jar 包创建实例并调用其接口。主要操作为添加删除 znode 和监控 znode 的变化。

4.4.1 样例代码

4.4.1.1 关键类

N/A

4.4.1.2 关键方法

N/A

4.4.1.3 源代码

如下为 ZooKeeper 提供的主要 API：

```
//create a root node with the data of mydata, no ALC c//create a ZooKeeper instance, the first parameter is the goal server's address and
Port, the second is the timeout of Session, and the third is the call back method when the node changes
ZooKeeper zk = new ZooKeeper("127.0.0.1:2181", 500000,new Watcher() …{
           //monitor all the triggered events
             public void process(WatchedEvent event) …{
```

```
            //dosomething
            }
      });
```

```
ontrol permission, and the node is eternal(the node will not disappear
even when the client is shutdown)
zk.create("/
root", "mydata".getBytes(),Ids.OPEN_ACL_UNSAFE, CreateMode.PERSISTENT);

//create a clildone znode with the data of childone below root
zk.create("/root/
childone","childone".getBytes(), Ids.OPEN_ACL_UNSAFE,CreateMode.PERSISTEN
T);

//get the names of children nodes of root, return List<String>
 zk.getChildren("/root",true);

//get the data of /root/childone, return byte[]
 zk.getData("/root/childone", true, null);

//edit the data of /root/childone
 zk.setData("/root/childone","childonemodify".getBytes(), -1);

//delete the /root/childone node, the second parameter is version, if it
is set to be -1, then it is deleted directly.
 zk.delete("/root/childone", -1);
//close the session
zk.close();
```

4.4.2 用法

本样例提供 ZooKeeper API 的一些基本使用。

4.4.2.1 运行样例

N/A

4.4.2.2 分析结果

N/A

5.0 HIVE

5.1 先决条件

确定 HDFS、MapReduce、HBase 和 Hive 已被正确安装配置并正在运行中。

5.2 概述

Hive 是一个基于 Hadoop 的大数据分布式数据仓库软件。它可以将数据存放在分布式文件系统或分布式数据库中，并提供大数据统计、查询和分析操作。它使用 MapReduce 来执行操作，使用 HDFS 或 HBase 来储存数据。

Hive 由 metastore 和 Hive 引擎组成。Metastore 负责存储架构信息并提供存储数据的一个结构体。查询处理、编译、优化、执行均由 Hive 引擎完成。

为了读取 / 写入数据到表格中，Hive 使用 SerDe。SerDe 提供将数据转化为存储格式，并且从一系列字节中提取数据结构的方法。

以下为 Hive 中的 shell 命令：

命令	描述
quit	Uses quit or exit to come out of interactive shell.
reset	Resets configuration to the default values (as of Hive 0.10)
set <key>=<value>	Use this to set value of particular configuration variable.One thing to note here is that if you misspell the variable name, cli will not show an error.
set	This will print list of configuration variables that overridden by user or hive.
set -v	This will give all possible hadoop/hive configuration variables.
add FILE <value> <value>*	Adds a file to the list of resources.
list FILE	list all the resources already added
list FILE <value>*	Check given resources are already added or not.
! <cmd>	execute a shell command from hive shell
dfs <dfs command>	execute dfs command from hive shell
<query string>	executes hive query and prints results to stdout

（参考来源：https://cwiki.apache.org/confluence/display/Hive/GettingStarted）

5.3 样例：Count(*)

通过在 Hive 中创建一个表格，你可以执行插入、统计行数等操作。这个样例展示了使用 Hive 的一些基本操作。

5.3.1 样例代码

5.3.1.1 关键类

你可以通过 create_table.q 和 gendata.sh 文件完成该样例。

5.3.1.2 关键方法

方法	描述
Create_table_if_not_exists_ t01_party_card_rela_h()	创建名称为 t01_party_card_rela_h 的表格
gendata()	向表格中插入数据

5.3.1.3 源代码

```
Create_table.q:
drop table if exists t01_party_card_rela_h;
CREATE TABLE IF NOT EXISTS t01_party_card_rela_h (
//define the columns of the table
   party_id string,
   card_no string,
   party_card_rela_type_cd string,
   start_date string,
   end_date string ,
   etl_job string ,
   etl_src string,
   source_system_cust_num string
) ROW FORMAT DELIMITED FIELDS TERMINATED BY '|' STORED AS TEXTFILE;
LOAD DATA LOCAL INPATH 'data/data_factors.dat' INTO TABLE
t01_party_card_rela_h;
//load the local data into the table


Gendata.sh:


source ./runHive.sh


gen_data() {


   echo "Generate triple data for  T01_PARTY_CARD_RELA_H"


   for i in \Qseq $1 $2\Q;
   do
      echo "Char index: $i ..."
```

```
        runHive "INSERT overwrite  TABLE t01_party_card_rela_h select t.*
from (
                        select party_id,
                        concat(substr(card_no,1, $i-1),
                         case when substr(card_no, $i,1)='1' then 'a'
                         when substr(card_no, $i,1)='2' then 'b'
                         when substr(card_no, $i,1)='3' then 'c'
                         when substr(card_no, $i,1)='4' then 'd'
                         when substr(card_no, $i,1)='5' then 'e'
                         when substr(card_no, $i,1)='6' then 'f'
                         when substr(card_no, $i,1)='7' then 'g'
                         when substr(card_no, $i,1)='8' then 'h'
                         when substr(card_no, $i,1)='9' then 'i'
                         when substr(card_no, $i,1)='0' then 'j'
                         else substr(card_no, $i,1)
                         end
                        ,substr(card_no, $i+1)) as card_no,
                        party_card_rela_type_cd ,
                        start_date ,
                        end_date  ,
                        etl_job  ,
                        etl_src ,
                        source_system_cust_num    from t01_party_card_rela_h

                        UNION ALL
                        select party_id,
                        concat(substr(card_no,1, $i-1),
                         case when substr(card_no, $i,1)='1' then 'z'
                         when substr(card_no, $i,1)='2' then 'y'
                         when substr(card_no, $i,1)='3' then 'x'
                         when substr(card_no, $i,1)='4' then 'w'
                         when substr(card_no, $i,1)='5' then 'v'
                         when substr(card_no, $i,1)='6' then 'u'
                         when substr(card_no, $i,1)='7' then 't'
                         when substr(card_no, $i,1)='8' then 's'
                         when substr(card_no, $i,1)='9' then 'r'
                         when substr(card_no, $i,1)='0' then 'q'
                         else substr(card_no, $i,1)
                         end
                        ,substr(card_no, $i+1)) as card_no,
                        party_card_rela_type_cd ,
```

```
                        start_date ,
                        end_date  ,
                        etl_job  ,
                        etl_src ,
                        source_system_cust_num    from t01_party_card_rela_h

                        UNION ALL
                        select party_id,
                        card_no,
                        party_card_rela_type_cd ,
                        start_date ,
                        end_date  ,
                        etl_job  ,
                        etl_src ,
                        source_system_cust_num    from t01_party_card_rela_h
                        ) t"
  done
}

gen_data 1 9  # 39 * 3^16 = 1.6 billion data
//you can change the number of insertions in the table
```

5.3.2 用法

你可以在 Hive 中运行命令以创建新的表格，以及插入数据并计算行数。

5.3.2.1 运行样例

导入包含代码 create_table.q 和 gendata.sh 的文件夹。

修改 create_table.q 文件中的表格名称，例如 t01_party_card_rela_h。然后运行命令：

```
hive -f create_table.h
```

运行以下命令进入 Hive shell：

```
hive
```

运行以下命令列出所有表格名称：

```
show tables;
```

运行以下命令检查表格格式：

```
DESCRIBE to1_party_card_rela_h;
```

退出 Hive shell，并修改 gendata.sh 文件中的第 71 行来确定你想插入的记录行数。然后运行以下命令：

```
sudo sh gendata.sh
```

现在你可以在 Hive shell 中运行以下命令查询 t01_party_card_rela_h 表格中的行数：

```
SELECT coutn(*) FROM t01_party_card_rela_h;
```

5.3.2.2 分析结果

以下为统计表格中行数输出的结果：

```
MapReduce Total cumulative CPU time:5 seconds 220 msec
Ended Job = job_201208151826_0019
MapReduce Jobs Launched:
Job 0:Map:2  Reduce:1   Cumulative CPU:5.22 sec   HDFS Read:89991138 HDFS Write:7 SUCCESS
Total MapReduce CPU Time Spent:5 seconds 220 msec
OK
787320
Time taken:27.633 seconds
```

你可以看到程序遍历表格所用的时间。

5.4 样例：Mixed Load Stress on Hive

通过运行命令的同时修改同一表格，你可以检测 Hive 的可靠性以及 Hive 的基本功能。

5.4.1 样例代码

5.4.1.1 关键类

与上一样例相同。

5.4.1.2 关键方法

方法	描述
Create_table_if_not_exists_t01_party_card_rela_h()	创建名称为 t01_party_card_rela_h 的表

5.4.1.3 源代码

Create_table.q （与上一样例相同）

5.4.2 用法

本样例用于测试集群中 Hive 的可靠性，并帮助你熟悉 Hive 中的基本命令。

5.4.2.1 运行样例

1. 在前一样例中，你创建了表格 t01_party_card_rela_h。现在，你可以在 create_table.q 中改变表格名称为 t01_party_card_rela_h1，并执行命令：

   ```
   hive -f create_table.q
   ```

2. 运行以下命令，进入 Hive shell 模式并将 t01_party_card_rela_h 表格中数据插入 t01_party_card_rela_h1 表格：

   ```
   INSERT INTO TABLE t01_party_card_rela_h1 SELECT * FROM t01_party_card_rela_h;
   ```

3. 当插入程序正在执行时，复制当前集群的 session，并进入 Hive shell，运行命令：

```
DROP TABLE t01_party_card_rela_h1;
```

4. 在原先 session 中，由于 t01_party_card_rela_h1 表格的丢失，MapReduce 操作已被停止。运行以下命令检查 HDFS 的 /user/hive/warehouse 目录：

```
sudo -u hdfs hadoop fs -ls /user/hvie/warehouse
```

5.4.2.2 分析结果

你可在 /user/hive/warehouse 目录下看到如下结果：

```
Found 1 items
drwxr-xr-x   - root hadoop          0 2012-08-16 14:11 /user/hive/
warehouse/t01_party_card_rela_h
```

5.5 样例：DDL operation on Hive

该样例展示了 Hive 的一些基本操作，比如创建、删除和修改表格。

5.5.1 样例代码

5.5.1.1 关键类

N/A

5.5.1.2 关键方法

N/A

5.5.1.3 源代码

该样例通过几条简单命令展示了 Hive 的一些基本功能。

5.5.2 用法

你可以掌握在 Hive 中创建分区表，修改表属性等基本命令。

5.5.2.1 运行样例

1. 进入 Hive shell 并运行命令：

```
CREATE TABLE table_name(id int, dtDontQuery string, name string)\
PARTITIONED BY (dt string);
```

现在你已创建有两个分区的测试表格。

2. 创建两个分区表：

```
ALTER TABLE table_name ADD PARTITION (dt='1');
ALTER TABLE table_name ADD PARTITION (dt='2');
```

3. 检查 table_name 表格的分区：

```
SHOW PARTITIONS table_name;
```

4. 现在，你可以

- 删除分区 ‘dt=1’：

```
ALTER TABLE table_name DROP PARTITION (dt='1');
```

- 检查 table_name 表格中的数据格式：

  ```
  DESCRIBE table_name;
  ```

- 更改 table_name 表格中的数据名称：

  ```
  ALTER TABLE table_name CHANGE dtdontquery dquery string;
  ```

- 为表格添加新的列：

  ```
  ALTER TABLE table_name ADD COLUMNS (new1 string, new2 int);
  ```

- 将表格 table_name 重命名为 new_table_name：

  ```
  ALTER TABLE table_name RENAME TO new_table_name;
  ```

5.5.2.2 分析结果

如果你修改了 table_name 表格中数据名称并按照样例步骤添加了新的数据，执行下列命令，你会得到如下结果：

```
DESCRIBE table_name;
hive> describe table_name;
OK
id      int
dquery  string
name    string
new1    string
new2    int
dt      string
Time taken:0.033 seconds
```

6.0 Pig

6.1 先决条件

确定 Pig 已被正确安装配置并正在运行中。

6.2 概述

作为一个海量数据的分布式数据分析语言和操作平台，Pig 的架构保证它可以分布式地并行运行任务来满足海量数据分析的需求：

Pig 的编程语言为 Pig Latin。它有如下特点：

- 易于编写
  Pig Latin 语言有 SQL 语言的灵活性和过程式语言流程性。
- 最优化策略
  Pig 系统可以自动优化执行，使得用户可以专注于语法。
- 可扩展性
  用户可以自定义功能。

有三种方法可以运行 Pig：

- Grunt Shell：
  进入 Pig shell, Grunt。
- 脚本文件：
  运行写有 Pig 指令的脚本。
- 嵌入式程序：
  将 Pig 指令嵌入程序语言并运行程序。

表 2. Pig 命令：

命令	功能
Load	Read data from file system
Store	Write data to file system
Foreach	Apply expression to each record and output one or more records
Filer	Apply predicate and remove records that do not return true.
Group	Collect records with the same key from one or more inputs
Join	Join two or more inputs based on a key
Order	Sort records based on a key
Distinct	Remove duplicate records
Union	Merge two data sets
Split	Split data into 2 or more sets, based on filter conditions
Stream	Send all records through a user provided binary
Dump	Write output to stdout
Limit	Limit the number of records

（参见：http://www.cloudera.com/wp-content/uploads/2010/01/IntroToPig.pdf）

6.3 样例：Pig Aggregation

本样例中，你可以统计每次用户名在 excite-small.log 数据中出现的次数，然后过滤出结果，并将记录排序。

6.3.1 样例代码

6.3.1.1 关键类

N/A

6.3.1.2 关键方法

N/A

6.3.1.3 源代码

```
//load the excite log file into the “raw” bag as an array of records with the fields user, time and query
log = LOAD ‘excite-small.log’ AS (user, timestamp, query);
//use the GROUP operator to group records by user
grpd = GROUP log BY user;
//Use the COUNT function to get the count of each group
cntd = FOREACH grpd GENERATE group, COUNT(log) AS cnt;
```

```
//filter out the result which is larger than 50
fltrd = FILTER cntd BY cnt > 50;
//order the result by cnt
srtd = ORDER fltrd BY cnt;
//Store the result into output
STORE cntd INTO ‘output’;
```

6.3.2 用法

根据本样例，你可以学习使用 Pig 指令。

6.3.2.1 运行样例

你可以开始运行样例，

1. 运行以下命令进入 Pig shell：

   pig
   然后逐行输入指令。
2. 将指令输入文件 pigtest.pig，并在文件首部加入如下指令：

   ```
   --pigtest.pig
   ```
   然后你可以运行命令：
   ```
   pig pigtest.pig
   ```

6.3.2.2 分析结果

以下内容为 /user/root/output/part-r-00000 中部分结果：

```
FD3373744827EFA7        4
FD4BB9A09080B726        2
FD83D5C547D3EA2E        3
FDCC0A3F96D1C47A        10
FE106E193F938B17        3
FE33FDC5FAE7EB96        4
FE785BA19AAA3CBB        10
FEA681A240A74D76        4
FF5C9156B2D27FBD        1
FFA4F354D3948CFB        6
FFCA848089F3BA8C        1
```

6.4 样例：Pig UDF (user defined function) Sample

Pig 支持两种 UDF：eval 和 load/store。继承 eval 的用户定义功能 (UDF) 通常用来转换数据类型。继承 load/store 的 UDF 用来读取和存储数据类型。在本样例中，你将会实现一个将数据转化为大写字符的方法，该方法继承 eval。

6.4.1 样例代码

6.4.1.1 关键类

类名	描述
UPPER.class	将输入单词转化为大写

6.4.1.2 关键方法

方法	描述
UPPER.exec()	将数据转化为大写格式

6.4.1.3 源代码

以下为 UPPER.java 中的代码：

```
package myudfs;
import java.io.IOException;
import org.apache.pig.EvalFunc;
import org.apache.pig.data.Tuple;
//extends the Eval class
public class UPPER extends EvalFunc<String>
{
    public String exec(Tuple input) throws IOException {
        if (input == null || input.size() == 0)
            return null;
        try{
            String str = (String)input.get(0);
            return str.toUpperCase();  //convert the string to upper case
        }catch(Exception e){
            System.out.println("Exception!");
        }
       return null;
    }

}
```

6.4.2 用法

你可以依此继承 eval 或者 load/store 来设计自己的功能。

6.4.2.1 运行样例

进入 Pig 安装目录。新建一个目录叫做 myudfs。

进入 */myudf* 目录并将 *UPPER.java* 拷贝进该目录。

运行以下命令将该目录下文件打成 jar 包：

```
javac -cp <install_dir>/pig_<VERSION>-intel.jar UPPER.java
cd ..
jar -cf myudf.jar myudf
?student_data???????????
test1,1,1
test2,2,2
test3,3,3
?Pig shell???udf?
pig -x local  //entering the pig shell
register myudf.jar  //register the jar
A = load 'student_data' using PigStorage(',') as (name:chararray,
age:int,gpa:double);
B = FOREACH A GENERATE myudfs.UPPER(name);  //convert the data to upper
case
dump B;  //show the result in pig
```

6.4.2.2 分析结果

如下为 Pig shell 输出的部分结果：

```
2012-08-23 11:23:49,091 [main] INFO
org.apache.pig.backend.hadoop.executionengine.util.MapRedUtil - Total
input paths to process :1
(TEST1)
(TEST2)
(TEST3)
```

7.0 Mahout

7.1 先决条件

确定 Mahout、Hadoop 已被正确安装配置并正在运行中。

7.2 概述

Mahout 为一个可扩展的机器学习库。它能和 Hadoop 结合来提供分布式数据挖掘功能，也就是说，Mahout 是基于 Hadoop 的机器学习应用程序 API。

现在，Mahout 为不同情况提供四种算法：

- 推荐引擎算法
- 聚集算法
- 分类算法
- 关联项目分析算法

7.3 样例：Mahout Kmeans

K-means 聚类是一种集群分析方法，它划分 *n* 测量数据到 *k* 集群，其中每个测量数据属于距离最近的集群。

在 Mahout Kmeans 样例中，你可以实现一个默认运行十次迭代的 kmeans 算法。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\sources\mahout-0.6-Intel\examples\src\main\java\org.apache.mahout.clustering.syntheticcontrol.kmeans

7.3.1 样例代码

7.3.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.mahout.clustering.syntheticcontrol.kmeans.job	执行 kmeans 功能

7.3.1.2 关键方法

方法	描述
org.apache.mahout.clustering.syntheticcontrol.kmeans.job.run()	执行 kmeans 聚集任务
org.apache.mahout.clustering.syntheticcontrol.finalClusterPath()	返回最终迭代集群的路径

7.3.1.3 源代码

以下样例代码在 Job.class 类中：

```
/**
   * Run the kmeans clustering job on an input dataset using the given the
   * number of clusters k and iteration parameters.All output data will be
   * written to the output directory, which will be initially deleted if
it
   * exists.The clustered points will reside in the path
   * <output>/clustered-points.By default, the job expects a file
containing
   * equal length space delimited data that resides in a directory named
   * "testdata", and writes output to a directory named "output".
   *
   * @param conf
   *          the Configuration to use
   * @param input
   *          the String denoting the input directory path
   * @param output
   *          the String denoting the output directory path
   * @param measure
   *          the DistanceMeasure to use
   * @param k
   *          the number of clusters in Kmeans
   * @param convergenceDelta
   *          the double convergence criteria for iterations
   * @param maxIterations
   *          the int maximum number of iterations
```

```
   */
  public static void run(Configuration conf, Path input, Path output,
                         DistanceMeasure measure, int k, double
convergenceDelta, int maxIterations)
                         throws Exception{
    Path directoryContainingConvertedInput = new Path(output,

DIRECTORY_CONTAINING_CONVERTED_INPUT);
    log.info("Preparing Input");
    InputDriver.runJob(input, directoryContainingConvertedInput,

"org.apache.mahout.math.RandomAccessSparseVector");
log.info("Running random seed to get initial clusters");
//generate random seed for the kmeans algorithm
    Path clusters = new Path(output, Cluster.INITIAL_CLUSTERS_DIR);
    clusters = RandomSeedGenerator.buildRandom(conf,
        directoryContainingConvertedInput, clusters, k, measure);
log.info("Running KMeans");
//run the kmeans algorithm
    KMeansDriver.run(conf, directoryContainingConvertedInput, clusters,
output,
                         measure, convergenceDelta, maxIterations, true,
false);
    // run ClusterDumper
    ClusterDumper clusterDumper = new ClusterDumper(finalClusterPath(conf,
                    output, maxIterations), new Path(output,
"clusteredPoints"));
    clusterDumper.printClusters(null);
  }
```

7.3.2 用法

该样例为实现 kmeans 算法的一个示例。

7.3.2.1 运行样例

1. 导入名为 synthetic_control.data 的数据集。

注释： 你应将数据集导入到 MAHOUT_HOME 目录下以防抛错。

2. 确保 Hadoop 已启动。
3. 创建目录 testdata，并运行以下命令将数据集导入 testdata：

```
hadoop fs -mkdir testdata
hadoop fs -put <PATH TO synthetic_control.data> testdata
```

4. 运行以下命令，实现 kmeans 算法：

```
hadoop jar $MAHOUT_HOME/mahout-examples-<VERSION>-Intel-job.jar
org.apache.mahout.clustering.syntheticcontrol.kmeans.Job
```

注释： 此命令为一行。

5. 当作业完成后，你可以运行如下命令检查结果：

```
hadoop fs –lsr output
hadoop fs –get output $MAHOUT_HOME/examples
cd examples/output
ls
```

你可以看到以下结果：

```
clusteredPoints  clusters-10-final  clusters-4  clusters-7  data
clusters-0       clusters-2          clusters-5  clusters-8
clusters-1       clusters-3          clusters-6  clusters-9
```

你可以采用以下命令读取文件中的数据：

```
mahout seqdumper – seqFile /user/root/output/clusters-0/part-randomSeed
```

7.3.2.2 分析结果

如下为 clusteredPoints 文件中的内容，该文件保存了最终聚集结果。

Key-value 结果类型为 （IntWritable、WeightedVecterWritable）。

```
Key:60:Value:CL-584{n=0 c=[32.326, 31.824, 27.880, 25.925, 25.179,
28.721, 27.649, 28.002, 24.316, 34.785, 24.526, 35.989, 29.431, 25.866,
27.797, 25.021, 27.934, 30.551, 33.402, 32.927, 27.944, 26.672, 35.080,
26.011, 29.259, 22.165, 17.087, 17.803, 10.677, 18.119, 21.918, 21.310,
18.088, 15.059, 19.386, 10.854, 10.476, 13.094, 19.515, 15.567, 17.630,
10.506, 11.202, 15.251, 13.991, 11.519, 12.611, 13.306, 14.231, 11.816,
19.875, 17.645, 11.676, 10.299, 21.442, 17.222, 14.140, 17.398, 10.748,
11.687] r=[]}
```

存储在 clusters-N 中的内容为第 N 次聚集的结果。数据类型为 （Text,Cluster）。

原始数据存储在 data 目录下。由于该数据格式为 vector，你可以通过 mahout vectordump 指令检查数据。

7.4 样例：Mahout Recommender

Mahout Recommender Sample 是用 Mahout 来实现协作过滤的方法，并能够给客户推荐类似的产品。在该样例中，它分析从电影评分网站得到的数据，并为客户推荐合适的电影。

你可以在以下目录中找到该样例的代码：

\<installed_dir\>\sources\mahout_0.6_Intel\examples\src\main\java\org.apache.mahout.cf.taste.grouplens

7.4.1 样例代码

7.4.1.1 关键类

类名	描述
org.apache.mahout.cf.tast.example.grouplens.GroupLensDataModel	创建推荐引擎数据模型
org.apache.mahout.cf.tast.example.grouplens.GroupLensRecommender	提供推荐方法
org.apache.mahout.cf.tast.example.grouplens.GroupLensRecommenderBuilder	创建推荐对象
org.apache.mahout.cf.tast.example.grouplens.GroupLensRecommenderEvaluatorRunner	评估推荐对象的结果

7.4.1.2 关键方法

方法	描述
GroupLensdataModel.convertGLFile()	通过逗号分隔符将结果格式化
GroupLensdataModel.readResourceToTempFile()	将源文件读入临时文件
GroupLensRecommenderBuilder.buildRecommender()	创建一个新的 GroupLensRecommender

7.4.1.3 源代码

样例代码位于 GroupLensRecommenderEvaluatorRunner.class 类中：

```
 private static File convertGLFile(File originalFile) throws IOException {
    // Now translate the file; remove commas, then convert "::" delimiter
to comma
    File resultFile = new File(new
File(System.getProperty("java.io.tmpdir")), "ratings.txt");
    if (resultFile.exists()) {
      resultFile.delete();
    }
    Writer writer = null;
    try {
      writer = new OutputStreamWriter(new FileOutputStream(resultFile),
Charsets.UTF_8);
      for (String line : new FileLineIterable(originalFile, false)) {
        int lastDelimiterStart = line.lastIndexOf(COLON_DELIMTER);
        if (lastDelimiterStart < 0) {
          throw new IOException("Unexpected input format on line: " +
line);
        }
        String subLine = line.substring(0, lastDelimiterStart);
        String convertedLine =
```

```
COLON_DELIMITER_PATTERN.matcher(subLine).replaceAll(",");
        writer.write(convertedLine);
        writer.write('\n');
      }
    } catch (IOException ioe) {
      resultFile.delete();
      throw ioe;
    } finally {
      Closeables.closeQuietly(writer);
    }
    return resultFile;
  }

public static File readResourceToTempFile(String resourceName) throws
IOException {
    InputSupplier<? extends InputStream> inSupplier;
    try {
      URL resourceURL = Resources.getResource(GroupLensRecommender.class,
resourceName);
      inSupplier = Resources.newInputStreamSupplier(resourceURL);
    } catch (IllegalArgumentException iae) {
      File resourceFile = new File("src/main/java" + resourceName);
      inSupplier = Files.newInputStreamSupplier(resourceFile);
    }
    File tempFile = File.createTempFile("taste", null);
    tempFile.deleteOnExit();
    Files.copy(inSupplier, tempFile);
    return tempFile;
  }

public Recommender buildRecommender(DataModel dataModel) throws
TasteException {
    return new GroupLensRecommender(dataModel);
}
```

7.4.2 用法

该样例可用来测试 Mahout 数据过滤的准确性，你可以基于此尝试更多的数据挖掘方法。

7.4.2.1 运行样例

1. 导入 ratings.dat 数据集 （你可从 http://www.grouplens.org/ 上下载）
2. 确保 Hadoop 已启动。
3. 现在你可以运行以下命令执行 recommender：

```
hadoop jar $MAHOUT_HOME/mahout-examples-<VERSION>-Intel-job.jar
org.apache.mahout.cf.taste.example.grouplens.GroupLensRecommenderEval
uatorRunner -i <installed_dir>/ratings.dat
```

注释： 此命令为一行。

4. 结果文件 ratings.txt 在目录 /tmp/ratings.txt 下。

7.4.2.2 分析结果

以下内容为 ratings.txt 中部分结果：

```
1,1193,5
1,661,3
1,914,3
1,3408,4
1,2355,5
1,1197,3
1,1287,5
1,2804,5
1,594,4
1,919,4
1,595,5
1,938,4
```

第一个数字表示用户的 ID。

第二个数据表示电影的序列号。

第三个数字为用户的评分。

8.0 Flume

8.1 先决条件

确定 Flume 已被正确安装配置并正在运行中。

8.2 概述

Flume 提供了收集、聚集和转移海量日志文件的连接器。同时，Flume 使用 ZooKeeper 来确保配置的一致性和可用性。

Flume 具有如下特点：

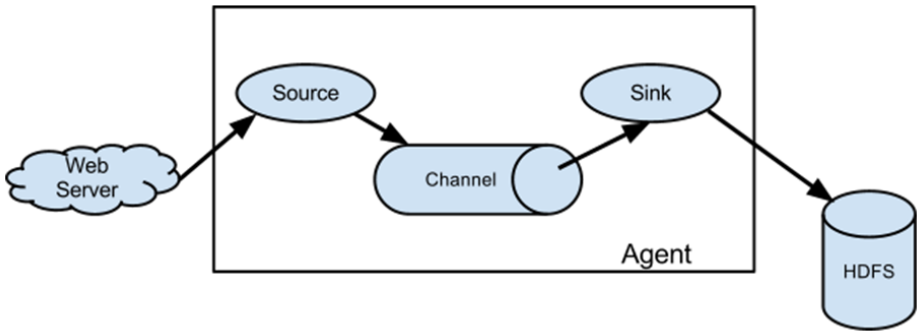
- 高可靠性
  Flume 提供了端到端可靠传输和本地数据存储选项。
- 可管理性
  通过 ZooKeeper 保证配置的可用性并使用多个 master 来管理所有节点。
- 高扩展性
  用户可用 java 语言实现新的方法。

Flume NG 1.x 由如下主要组件组成：

- Event
  Event 为可被 Flume NG 传输的单位数据。
- Source
  Source Flume NG 接收数据的来源。
- Sink
  Sink 对应于每个 source，它是 Flume NG 的结果路径。
- Channel
  Channel 为 source 和 sink 之间的通道。
- Source and Sink Runners
  Runner 主要负责驱动 source 或 sink，并对终端用户不可见。
- Agent
  Agent 是 Flume NG 上运行的任何物理 JVM。
- Configuration Provider
  Flume NG 有一个可插入的配置系统叫做 configuration provider。

（更多信息详见：https://cwiki.apache.org/FLUME/flume-ng.html）

下图展示了 Flume 的抽象架构：



（来源：https://people.apache.org/~mpercy/flume/flume-1.2.0-incubating-SNAPSHOT/docs/FlumeUserGuide.html#data-ingestion）

参考指令语法：

表 3. Flume-ng global options:

选项	描述
--conf,-c <conf>	使用 */conf* 目录的配置文件
--classpath,-C <cp>	附加到 classpath

表 4. Flume-ng node options:

选项	描述
--conf-file,-f	指定配置文件
--name,-n	节点名称
--help,-h	显示帮助文本

表 5. Flume-ng avro-client options:

选项	描述
--host,-H <host>	接收事件的主机名称
--port,-p <port>	avro 源的端口
--filename,-F <file>	流向 avro 源的文本文件
--help,-h	显示帮助文本

8.3 样例：Flume Log Transfer

在本例中，你可以定义数据流并配置单个组件。通过启动一个 Flume 节点来启动已配置的 source 和 sink。

8.3.1 样例代码

8.3.1.1 关键类

N/A

8.3.1.2 关键方法

N/A

8.3.1.3 源代码

如下为 agent.properties 的内容：

```
agent2.channels.ch1.type=MEMORY
#the command to be executed by flume
agent2.sources.s1.command = tail -f /var/log/messages
agent2.sources.s1.channels=ch1
agent2.sources.s1.type=EXEC
#the path to store the log
agent2.sinks.log-sink1.channel=ch1
agent2.sinks.log-sink1.type=HDFS
agent2.sinks.log-sink1.hdfs.path = hdfs://hbase1:8020/tmp/data/testdata
# List the sources, sinks and channels for the agent
agent2.channels=ch1
agent2.sources=s1
agent2.sinks=log-sink1
```

8.3.2 用法

在本例中，你可以在 Flume 中启动单个数据流。你也可以修改属性文件实现多个数据流。

8.3.2.1 运行样例

1. 在 shell 中，在以下目录定义配置文件 agent.properties：
   <installed_dir>/flume/conf

注释： 以下为配置文件的示例格式：

```
#List the sources, sinks and channels for the agent
<agent>.sources = <Source>
<agent>.sinks = <Sink>
<agent>.channels = <Channel1> <Channel2>

#set channel for source
<agent>.sources.<Source>.channels = <Channel1> <Channel2> ...

#set channel for sink
<agent>.sinks.<Sink>.channel = <Channel1>
```

2. 通过以下指令启动 flume agent：

```
bin/flume-ng node -c usr/lib/flume/conf/ -f /usr/lib/flume/conf/
agent.properties -n agent2
```

注释： 该节点名称由 -n agent2 指明并且必须和 agent.properties 文件中的相符。

3. 现在，你可在运行以下指令添加日志：

```
logger “helloworld”
```

检查指定路径下的日志。确定最近生成的文件中是否包含 “helloworld” 内容。

8.3.2.2 分析结果

N/A

9.0 Sqoop

9.1 先决条件

确定 Sqoop、Hadoop 已被正确安装配置并正在运行中。

9.2 概述

Sqoop 提供了在 Hadoop 和结构化数据源（例如关系型数据库）的传输模块。通过使用 Sqoop，在 MySQL, ORACLE 等外部数据库中的数据可被导入到 HDFS、Hive 以及其他相关系统，也可将本地数据导出到关系型数据库和数据仓库。

Sqoop 中有约 13 种以下指令：

命令	类名	功能
Import	ImportTool	将数据从关系型数据库导入到 HDFS
Export	ExportTool	将数据从 HDFS 导出到关系型数据库
Codegen	CodeGenTool	从数据库中得到部分表格并生成对应 java 文档，并打包成 jar
Create-hive-table	CreateHiveTableTool	创建一个 Hive 表格
Eval	EvalSqlTool	检查 SQL 指令的结果
Import-all-tables	ImportAllTablesTool	从一些数据库中导出所有表格到 HDFS 中
Job	JobTool	
List-databases	ListDatabasesTool	列出所有数据库名称
List-tables	ListTableTool	列出一些数据库中所有表格的名称
Merge	MergeTool	
Metastore	MetastoreTool	
Help	HelpTool	帮助功能
Version	VersionTool	检查版本号

Sqoop 中有约 10 种通用参数：

参数	描述
--connect <jdbc-uri>	指定 JDBC 连接字符串
--connection-manager <class-name>	指定使用的 connection-manager 类
--driver <class-name>	手动指定使用的 JDBC driver
--hadoop-home <dir>	覆写 $HADOOP_HOME

--help	打印帮助指令
--p	从控制台读取密码
--password <password>	设定认证密码
--username <username>	设定认证用户名
--verbose	在运行时打印更多信息
--connection-param-file <filename>	可选的属性文件，提供更多连接参数

（参见：http://archive.cloudera.com/cdh/3/sqoop/SqoopUserGuide.html）

注释： 你可以通过 sqoop help 指令得到指令帮助。你也可将 –help 加在任何指令之后来显示特定帮助，比如 sqoop import –help。

9.3 样例：Sqoop Import

Sqoop 的导入工具可将表格从 RDBMS 导入到 HDFS 中。数据是一行一行传输的，数据格式为文本文档或二进制文档。

9.3.1 样例代码

9.3.1.1 关键类

N/A

9.3.1.2 关键方法（参数）

方法	描述
--append	将数据加到 HDFS 上已有的一个数据集
--as-textfile	将数据导入为纯文本（默认）
--boundary-query <statement>	用来创建分隔符
--columns <clo,col,col…>	从表格中导出列
--direct	使用输入快捷路径
--table <table-name>	读取的表格
--target-dir <dir>	HDFS 目标目录
--where <where clause>	导入时使用的 WHERE 指令
--z,--compress	允许压缩

9.3.1.3 源代码

N/A

9.3.2 用法

Sqoop 可以被用来从外部数据库向 HDFS、Hive 和 HBase 导入数据。

9.3.2.1 运行样例

1. 连接数据库

```
sqoop import –connect jdbc:mysql://database.example.com/test\
```

```
--username root -password 12345
```

这一命令能让你在主机 host database.example.com 上连接到名称为 test 的数据库。你需要使用主机的全名或数据库主机的 IP 地址，以使你能在分布式 Hadoop 集群中使用 Sqoop。

注释： Sqoop 可以连接到其他 JDBC-compliant 数据库。你需要首先导入相应 jar 包到集群目录 *$SQOOP_HOME/lib* 下。每个 driver.jar 包对应特定的 driver 类。例如，MySQL 的连接库含有 com.mysql.jdbc.Driver 类。你需要通过对应帮助文档找到你的数据库中主要的 driver 类。要连接到 SQLServer 数据库，你需要从 Microsoft.com 上下载对应的 driver，将其安装在指定目录下，然后运行指令：

```
sqoop import -driver com.microsoft.jdbc.sqlserver.SQLServerDriver \
--connect <connect-string>…
```

2. 导入数据到

- **HDFS：**

```
sqoop import --connect jdbc:oracle:thin:@IP_address:Port:database_name
-username\ DEMO --password demo --table table_name
```

- **Hive：**

参数	描述
--hive-import	将表格导入 Hive
--create-hive-table	若该属性设为 true，如果目标表格在 Hive 中已存在，任务会失败。
--hive-table <table-name>	设置导入表格的名称
--hive-drop-impor-delims	将表格导入到 Hive 时从字符串部分去除 \n、\r 和 \01

（若要查看完整参数，访问 http://archive.cloudera.com/cdh/3/sqoop/SqoopUserGuide.html）

例如，你可以运行以下指令将数据导入 Hive：

```
sqoop import --connect jdbc:oracle:thin:@10.123.12.34:1234:test --
username DEMO --password demo --table S1LAYOUT --hive-import --hive-
table S1LAYOUT
```

- **HBase：**

参数	描述
--column-family <family>	为导入表格设置目标列簇
--hbase-create-table	如果已设置，会创建缺失的 HBase 表格
--hbase-row-key <col>	确定输入的列作为行关键字
--hbase-table <table-name>	确定一个 HBase 表格用作目标

例如，你可以运行以下指令将数据导入到 HBase：

```
sqoop import --connect jdbc:oracle:thin:@10.123.12.34:1234:test --
username\ DEMO --password demo --table S1LAYOUT -column-family col -
hbase-table\ hbase_table
```

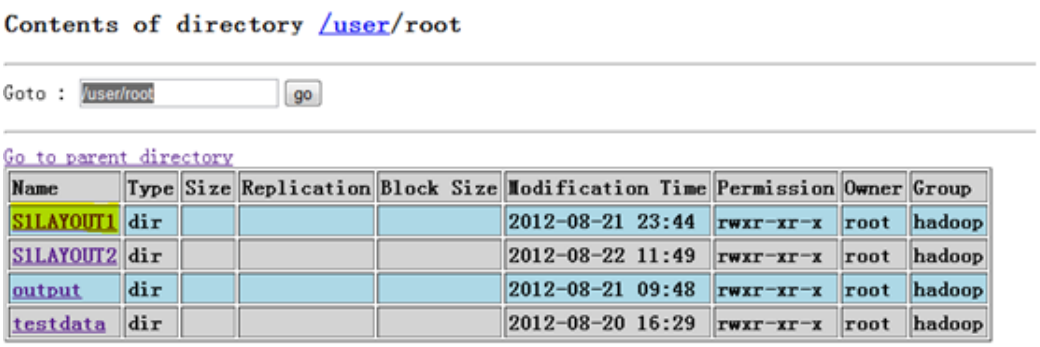
3. 你可以定义不同的参数指定表格不同的部分，将其导入 HDFS。
要执行新数据的增量导入，假设你已导入某个表格中的前 1000 行，你可以运行以下命令：

```
sqoop import -connect jdbc:mysql://test.com/test -table mytable\
--where “id > 1000” -target-dir /incremental_dataset -append
```

（更多信息参见：http://archive.cloudera.com/cdh/3/sqoop/SqoopUserGuide.html）

9.3.2.2 分析结果

如果你已导入数据到 HDFS，你可以通过 http://hostname:50070 进行检查：



9.4 样例：Sqoop Export

Sqoop 的导出工具提供了将表格从 HDFS 导出到 RDBMS 的功能。你可以定义输入文件解析的分隔符。在默认模式下，这些数据将被插入数据库，但在更新模式下，Sqoop 会生成更新指令，替换数据库当前已有的数据。

9.4.1 样例代码

9.4.1.1 关键类

N/A

9.4.1.2 关键方法（参数）

方法	描述
--direct	使用快速导出路径
--export-dir <dir>	将被导出的源文件路径
--table <table-name>	目标表格
--update-mode <mode>	当发现数据库中未存在的新的记录时，指定更新如何执行。合法值有 updateonly（默认）和 allowinsert
--input-null-string <null-string>	对于 string 列指定将被翻译为 null 的 string 值

9.4.1.3 源代码

N/A

9.4.2 用法

Sqoop 可被用来将数据从 HDFS 导出到外部数据库中。

9.4.2.1 运行样例

你可以运行以下命令将数据导出到名称为 test 的表格中：

```
sqoop export –connect jdbc:mysql://example.com/mytest –table test\
--export-dir /test/test_data
```

注释： 目标表格必须已存在于数据库中。

9.4.2.2 分析结果

你也可以在数据库中查询结果。

10.0 参考目录

- The Map/Reduce Tutorial, Hadoop apache organization
- ZooKeeper: http://zookeeper.apache.org/doc/r3.1.2/zookeeperStarted.html
- Pig: http://pig.apache.org/docs/r0.8.1/tutorial.html
- Mahout: https://cwiki.apache.org/MAHOUT/quickstart.html
- Sqoop: http://archive.cloudera.com/cdh/3/sqoop/SqoopUserGuide.html
- Pig: http://wiki.apache.org/pig/RunPig
- Flume: https://cwiki.apache.org/FLUME/getting-started.html
- Hive: https://cwiki.apache.org/confluence/display/Hive/GettingStarted