尚硅谷大数据技术之 Hadoop（MapReduce）

(作者：尚硅谷大数据研发部)

版本：V2.0

第 1 章 MapReduce 概述

1.1 MapReduce 定义

MapReduce定义

MapReduce是一个分布式运算程序的编程框架，是用户开发“基于Hadoop的数据分析应用”的核心框架。

MapReduce核心功能是将用户编写的业务逻辑代码和自带默认组件整合成一个完整的分布式运算程序，并发运行在一个Hadoop集群上。

1.2 MapReduce 优缺点

1.2.1 优点

1.2.1 优点

1．MapReduce 易于编程

它简单的实现一些接口，就可以完成一个分布式程序，这个分布式程序可以分布到大量廉价的PC机器上运行。也就是说你写一个分布式程序，跟写一个简单的串行程序是一模一样的。就是因为这个特点使得MapReduce编程变得非常流行。

2．良好的扩展性

当你的计算资源不能得到满足的时候，你可以通过简单的增加机器来扩展它的计算能力。

1.2.1 优点

3．高容错性

MapReduce设计的初衷就是使程序能够部署在廉价的PC机器上，这就要求它具有很高的容错性。比如其中一台机器挂了，它可以把上面的计算任务转移到另外一个节点上运行，不至于这个任务运行失败，而且这个过程不需要人工参与，而完全是由Hadoop内部完成的。

4．适合PB级以上海量数据的离线处理

可以实现上千台服务器集群并发工作，提供数据处理能力。

1.2.2 缺点

1.2.2 缺点

1. **不擅长实时计算**

   MapReduce无法像MySQL一样，在毫秒或者秒级内返回结果。

2. **不擅长流式计算**

   流式计算的输入数据是动态的，而MapReduce的输入数据集是静态的，不能动态变化。这是因为MapReduce自身的设计特点决定了数据源必须是静态的。

3. **不擅长DAG（有向图）计算**

   多个应用程序存在依赖关系，后一个应用程序的输入为前一个的输出。在这种情况下，MapReduce并不是不能做，而是使用后，每个MapReduce作业的输出结果都会写入到磁盘，会造成大量的磁盘IO，导致性能非常的低下。

1.3 MapReduce 核心思想

MapReduce 核心编程思想，如图 4-1 所示。

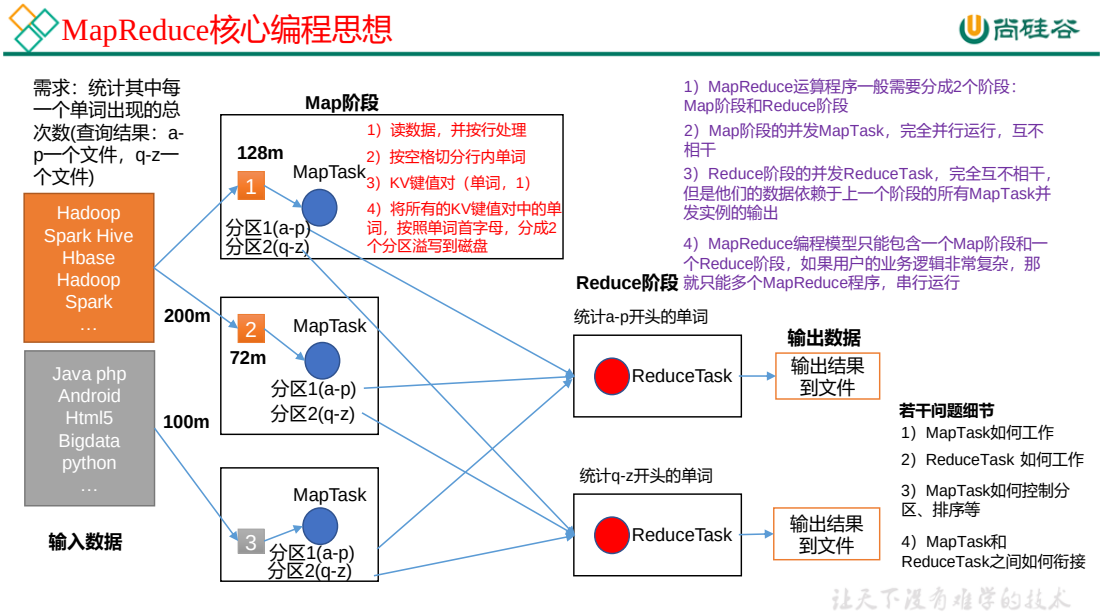


图 4-1 MapReduce 核心编程思想

1）分布式的运算程序往往需要分成至少 2 个阶段。

2）第一个阶段的 MapTask 并发实例，完全并行运行，互不相干。

3）第二个阶段的 ReduceTask 并发实例互不相干，但是他们的数据依赖于上一个阶段的所有 MapTask 并发实例的输出。

4）MapReduce 编程模型只能包含一个 Map 阶段和一个 Reduce 阶段，如果用户的业务逻辑

非常复杂，那就只能多个 MapReduce 程序，串行运行。

总结：分析 WordCount 数据流走向深入理解 MapReduce 核心思想。

1.4 MapReduce 进程

一个完整的MapReduce程序在分布式运行时有三类实例进程：

1）**MrAppMaster**：负责整个程序的过程调度及状态协调。

2）**MapTask**：　　负责Map阶段的整个数据处理流程。

3）**ReduceTask**：　负责Reduce阶段的整个数据处理流程。

1.5 官方 WordCount 源码

采用反编译工具反编译源码，发现 WordCount 案例有 Map 类、Reduce 类和驱动类。且数据的类型是 Hadoop 自身封装的序列化类型。

1.6 常用数据序列化类型

表 4-1 常用的数据类型对应的 Hadoop 数据序列化类型

Java 类型	Hadoop Writable 类型
boolean	BooleanWritable
byte	ByteWritable
int	IntWritable
float	FloatWritable
long	LongWritable
double	DoubleWritable
String	Text
map	MapWritable
array	ArrayWritable

1.7 MapReduce 编程规范

用户编写的程序分成三个部分：Mapper、Reducer 和 Driver。

MapReduce编程规范

1．Mapper阶段

（1）用户自定义的Mapper要继承自己的父类

（2）Mapper的输入数据是KV对的形式（KV的类型可自定义）

（3）Mapper中的业务逻辑写在map()方法中

（4）Mapper的输出数据是KV对的形式（KV的类型可自定义）

（5）map()方法（MapTask进程）对每一个<K,V>调用一次

MapReduce编程规范

2．Reducer阶段

（1）用户自定义的Reducer要继承自己的父类

（2）Reducer的输入数据类型对应Mapper的输出数据类型，也是KV

（3）Reducer的业务逻辑写在reduce()方法中

（4）ReduceTask进程对每一组相同k的<k,v>组调用一次reduce()方法

3．Driver阶段

相当于YARN集群的客户端，用于提交我们整个程序到YARN集群，提交的是封装了MapReduce程序相关运行参数的job对象

1.8 WordCount 案例实操

1．需求

在给定的文本文件中统计输出每一个单词出现的总次数

（1）输入数据

hello.txt

（2）期望输出数据

atguigu 2

banzhang 1

cls 2
hadoop 1
jiao 1
ss 2
xue 1

2．需求分析

按照 MapReduce 编程规范，分别编写 Mapper，Reducer，Driver，如图 4-2 所示。

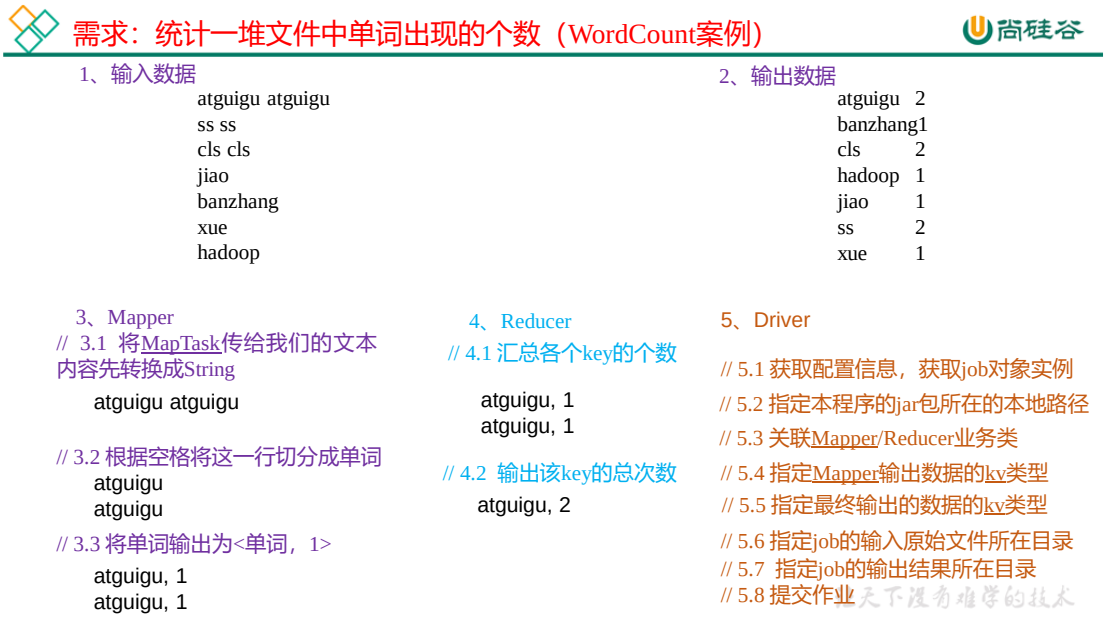
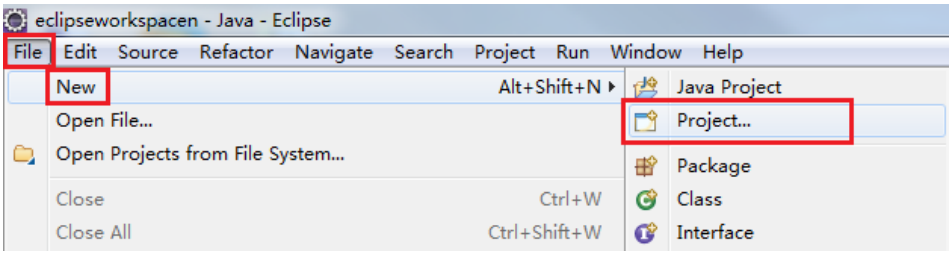
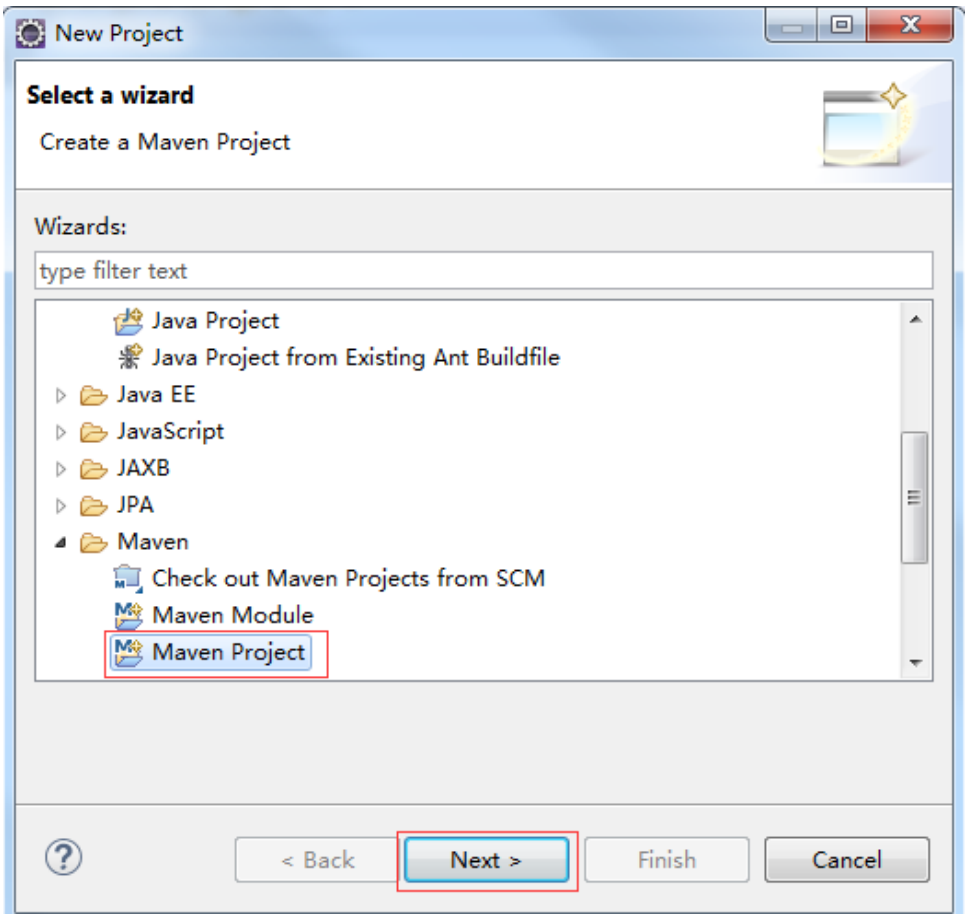


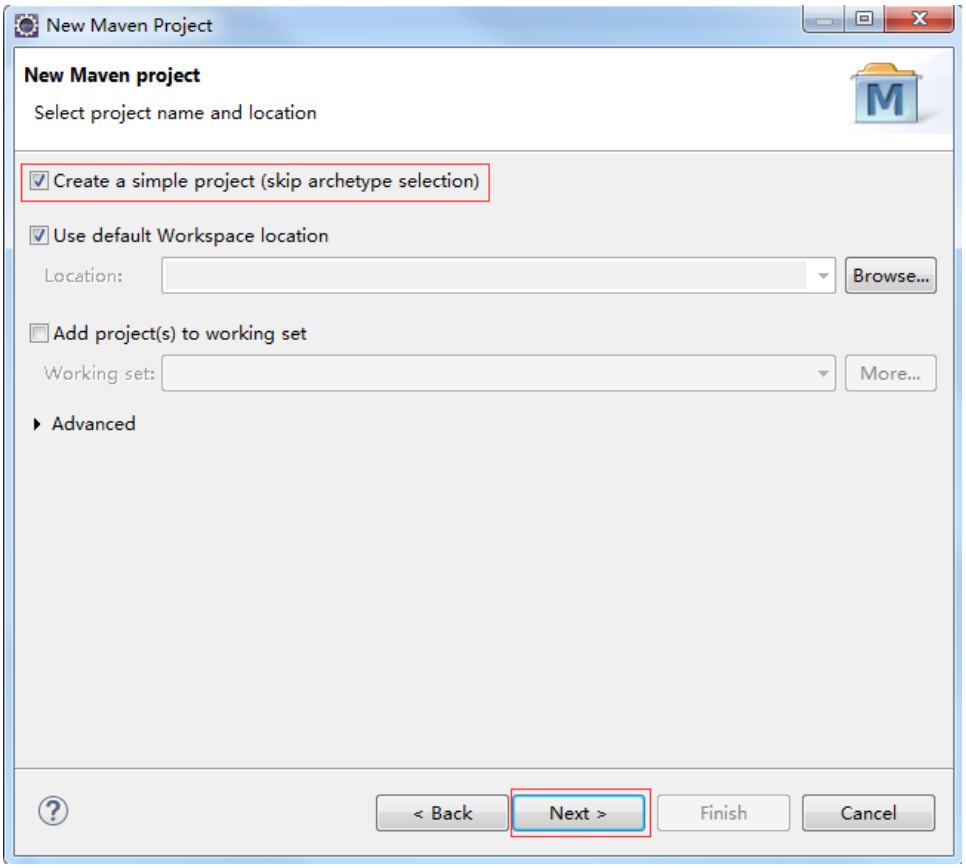
图 4-2 需求分析

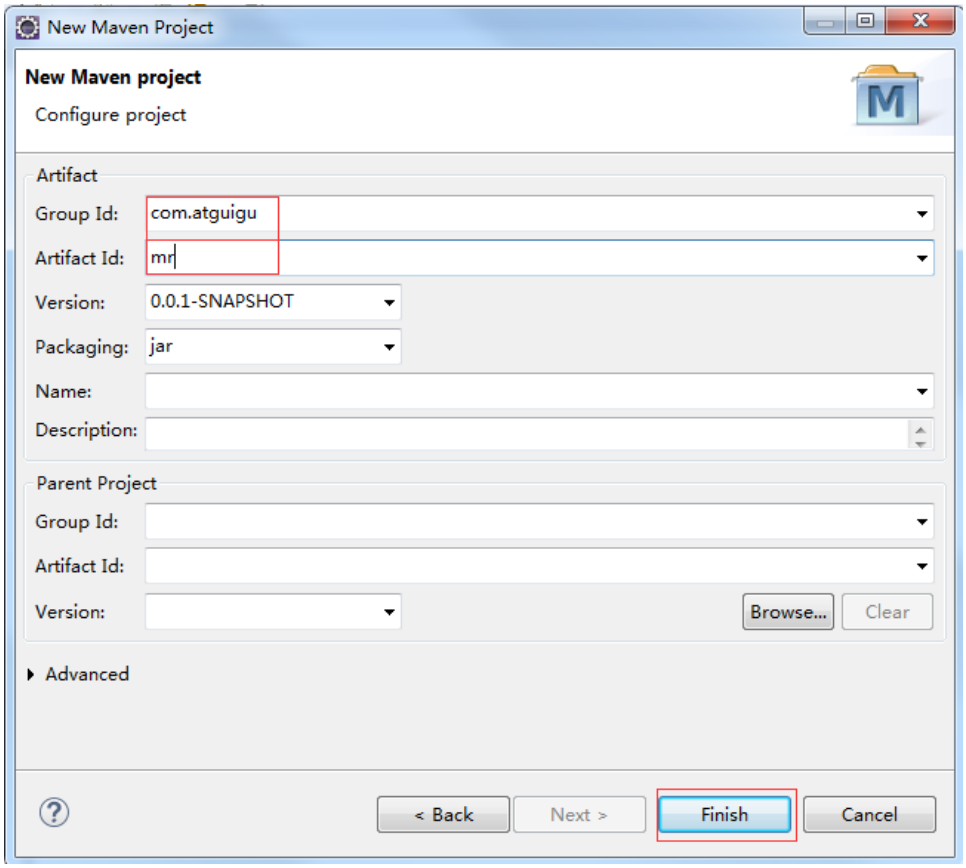
3．环境准备

（1）创建 maven 工程




New Project
Select a wizard
Create a Maven Project
Wizards:
type filter text
Java Project
Java Project from Existing Ant Buildfile
Java EE
JavaScript
JAXB
JPA
Maven
Check out Maven Projects from SCM
Maven Module
Maven Project
< Back
Next >
Finish
Cancel


New Maven Project
New Maven project
Select project name and location
Create a simple project (skip archetype selection)
Use default Workspace location
Location:
Browse...
Add project(s) to working set
Working set:
More...
Advanced
< Back
Next >
Finish
Cancel



（2）在 pom.xml 文件中添加如下依赖

```
<dependencies>
      <dependency>
          <groupId>junit</groupId>
          <artifactId>junit</artifactId>
          <version>RELEASE</version>
      </dependency>
      <dependency>
          <groupId>org.apache.logging.log4j</groupId>
          <artifactId>log4j-core</artifactId>
          <version>2.8.2</version>
      </dependency>
      <dependency>
          <groupId>org.apache.hadoop</groupId>
          <artifactId>hadoop-common</artifactId>
          <version>2.7.2</version>
      </dependency>
      <dependency>
          <groupId>org.apache.hadoop</groupId>
          <artifactId>hadoop-client</artifactId>
          <version>2.7.2</version>
      </dependency>
      <dependency>
          <groupId>org.apache.hadoop</groupId>
          <artifactId>hadoop-hdfs</artifactId>
          <version>2.7.2</version>
      </dependency>
</dependencies>
```

（2）在项目的 src/main/resources 目录下，新建一个文件，命名为“log4j.properties”，在

文件中填入。

```
log4j.rootLogger=INFO, stdout
log4j.appender.stdout=org.apache.log4j.ConsoleAppender
log4j.appender.stdout.layout=org.apache.log4j.PatternLayout
log4j.appender.stdout.layout.ConversionPattern=%d   %p   [%c]
- %m%n
log4j.appender.logfile=org.apache.log4j.FileAppender
log4j.appender.logfile.File=target/spring.log
log4j.appender.logfile.layout=org.apache.log4j.PatternLayout
log4j.appender.logfile.layout.ConversionPattern=%d   %p   [%c]
- %m%n
```

4．编写程序

（1）编写 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class WordcountMapper extends Mapper<LongWritable,
Text, Text, IntWritable>{

   Text k = new Text();
   IntWritable v = new IntWritable(1);

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      // 1 获取一行
      String line = value.toString();

      // 2 切割
      String[] words = line.split(" ");

      // 3 输出
      for (String word : words) {

         k.set(word);
         context.write(k, v);
      }
   }
}
```

（2）编写 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.wordcount;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public   class   WordcountReducer   extends   Reducer<Text,
IntWritable, Text, IntWritable>{
```

```
int sum;
IntWritable v = new IntWritable();

   @Override
   protected void reduce(Text key, Iterable<IntWritable>
values,Context context) throws IOException,
InterruptedException {

      // 1 累加求和
      sum = 0;
      for (IntWritable count : values) {
         sum += count.get();
      }

      // 2 输出
      v.set(sum);
      context.write(key,v);
   }
}
```

（3）编写 Driver 驱动类

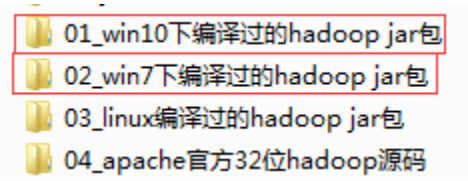
```
package com.atguigu.mapreduce.wordcount;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class WordcountDriver {

   public static void main(String[] args) throws IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {

      // 1 获取配置信息以及封装任务
      Configuration configuration = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(configuration);

      // 2 设置 jar 加载路径
      job.setJarByClass(WordcountDriver.class);

      // 3 设置 map 和 reduce 类
      job.setMapperClass(WordcountMapper.class);
      job.setReducerClass(WordcountReducer.class);

      // 4 设置 map 输出
      job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
      job.setMapOutputValueClass(IntWritable.class);

      // 5 设置最终输出 kv 类型
      job.setOutputKeyClass(Text.class);
      job.setOutputValueClass(IntWritable.class);
```

```
        // 6 设置输入和输出路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 7 提交
        boolean result = job.waitForCompletion(true);

        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

5．本地测试

（1）如果电脑系统是 win7 的就将 win7 的 hadoop jar 包解压到非中文路径，并在 Windows 环境上配置 HADOOP_HOME 环境变量。如果是电脑 win10 操作系统，就解压 win10 的 hadoop jar 包，并配置 HADOOP_HOME 环境变量。

注意：win8 电脑和 win10 家庭版操作系统可能有问题，需要重新编译源码或者更改操作系统。



（2）在 Eclipse/Idea 上运行程序

6．集群上测试

（0）用 maven 打 jar 包，需要添加的打包插件依赖

注意：标记红颜色的部分需要替换为自己工程主类

```
<build>
      <plugins>
         <plugin>
            <artifactId>maven-compiler-plugin</artifactId>
            <version>2.3.2</version>
            <configuration>
               <source>1.8</source>
               <target>1.8</target>
            </configuration>
         </plugin>
         <plugin>
            <artifactId>maven-assembly-plugin </artifactId>
            <configuration>
               <descriptorRefs>
                  <descriptorRef>jar-with-
dependencies</descriptorRef>
               </descriptorRefs>
               <archive>
                  <manifest>
```

```
<mainClass>com.atguigu.mr.WordcountDriver</mainClass>
                </manifest>
            </archive>
        </configuration>
        <executions>
            <execution>
                <id>make-assembly</id>
                <phase>package</phase>
                <goals>
                    <goal>single</goal>
                </goals>
            </execution>
        </executions>
    </plugin>
</plugins>
</build>
```

注意：如果工程上显示红叉。在项目上右键->maven->update project 即可。

（1）将程序打成 jar 包，然后拷贝到 Hadoop 集群中

步骤详情：右键->Run as->maven install。等待编译完成就会在项目的 target 文件夹中生成 jar 包。如果看不到。在项目上右键-》Refresh，即可看到。修改不带依赖的 jar 包名称为 wc.jar，并拷贝该 jar 包到 Hadoop 集群。

（2）启动 Hadoop 集群

（3）执行 WordCount 程序

```
[atguigu@hadoop102 software]$ hadoop jar  wc.jar
 com.atguigu.wordcount.WordcountDriver    /user/atguigu/input
/user/atguigu/output
```

第 2 章 Hadoop 序列化

2.1 序列化概述

序列化概述 尚硅谷

2.1.1 什么是序列化

序列化就是把内存中的对象，转换成字节序列（或其他数据传输协议）以便于存储到磁盘（持久化）和网络传输。

反序列化就是将收到字节序列（或其他数据传输协议）或者是磁盘的持久化数据，转换成内存中的对象。

2.1.2 为什么要序列化

一般来说，“活的”对象只生存在内存里，关机断电就没有了。而且“活的”对象只能由本地的进程使用，不能被发送到网络上的另外一台计算机。然而序列化可以存储“活的”对象，可以将“活的”对象发送到远程计算机。

2.1.3 为什么不用Java的序列化

Java的序列化是一个重量级序列化框架（Serializable），一个对象被序列化后，会附带很多额外的信息（各种校验信息，Header，继承体系等），不便于在网络中高效传输。所以，Hadoop自己开发了一套序列化机制（Writable）。

Hadoop序列化特点：

（1）紧凑：高效使用存储空间。

（2）快速：读写数据的额外开销小。

（3）可扩展：随着通信协议的升级而可升级

（4）互操作：支持多语言的交互

2.2 自定义 bean 对象实现序列化接口（Writable）

在企业开发中往往常用的基本序列化类型不能满足所有需求，比如在 Hadoop 框架内部传递一个 bean 对象，那么该对象就需要实现序列化接口。

具体实现 bean 对象序列化步骤如下 7 步。

（1）必须实现 Writable 接口

（2）反序列化时，需要反射调用空参构造函数，所以必须有空参构造

```
public FlowBean() {
    super();
}
```

（3）重写序列化方法

```
@Override
public void write(DataOutput out) throws IOException {
    out.writeLong(upFlow);
    out.writeLong(downFlow);
    out.writeLong(sumFlow);
}
```

（4）重写反序列化方法

```
@Override
public void readFields(DataInput in) throws IOException {
    upFlow = in.readLong();
    downFlow = in.readLong();
    sumFlow = in.readLong();
}
```

（5）注意反序列化的顺序和序列化的顺序完全一致

（6）要想把结果显示在文件中，需要重写 toString()，可用”\t”分开，方便后续用。

（7）如果需要将自定义的 bean 放在 key 中传输，则还需要实现 Comparable 接口，因为

MapReduce 框中的 Shuffle 过程要求对 key 必须能排序。详见后面排序案例。

```
@Override
public int compareTo(FlowBean o) {
    // 倒序排列，从大到小
    return this.sumFlow > o.getSumFlow() ? -1 : 1;
}
```

2.3 序列化案例实操

1. 需求

统计每一个手机号耗费的总上行流量、下行流量、总流量

（1）输入数据

phone_data .txt

（2）输入数据格式：

7	13560436666	120.196.100.99	1116	954	200
id	手机号码	网络 ip	上行流量	下行流量	网络状态码

（3）期望输出数据格式

13560436666	1116	954	2070
手机号码	上行流量	下行流量	总流量

2. 需求分析

3. 编写 MapReduce 程序

（1）编写流量统计的 Bean 对象

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import java.io.DataInput;
import java.io.DataOutput;
```

```
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Writable;

// 1 实现 writable 接口
public class FlowBean implements Writable{

   private long upFlow;
   private long downFlow;
   private long sumFlow;

   //2  反序列化时，需要反射调用空参构造函数，所以必须有
   public FlowBean() {
       super();
   }

   public FlowBean(long upFlow, long downFlow) {
       super();
       this.upFlow = upFlow;
       this.downFlow = downFlow;
       this.sumFlow = upFlow + downFlow;
   }

   //3  写序列化方法
   @Override
   public void write(DataOutput out) throws IOException {
       out.writeLong(upFlow);
       out.writeLong(downFlow);
       out.writeLong(sumFlow);
   }

   //4 反序列化方法
   //5 反序列化方法读顺序必须和写序列化方法的写顺序必须一致
   @Override
   public void readFields(DataInput in) throws IOException {
       this.upFlow  = in.readLong();
       this.downFlow = in.readLong();
       this.sumFlow = in.readLong();
   }

   // 6 编写 toString 方法，方便后续打印到文本
   @Override
   public String toString() {
       return upFlow + "\t" + downFlow + "\t" + sumFlow;
   }

   public long getUpFlow() {
       return upFlow;
   }

   public void setUpFlow(long upFlow) {
       this.upFlow = upFlow;
   }

   public long getDownFlow() {
       return downFlow;
   }
```

```
    public void setDownFlow(long downFlow) {
        this.downFlow = downFlow;
    }

    public long getSumFlow() {
        return sumFlow;
    }

    public void setSumFlow(long sumFlow) {
        this.sumFlow = sumFlow;
    }
}
```

（2）编写 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class FlowCountMapper extends Mapper<LongWritable,
Text, Text, FlowBean>{

    FlowBean v = new FlowBean();
    Text k = new Text();

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 切割字段
        String[] fields = line.split("\t");

        // 3 封装对象
        // 取出手机号码
        String phoneNum = fields[1];

        // 取出上行流量和下行流量
        long upFlow = Long.parseLong(fields[fields.length -
3]);
        long downFlow = Long.parseLong(fields[fields.length -
2]);

        k.set(phoneNum);
        v.set(downFlow, upFlow);

        // 4 写出
        context.write(k, v);
    }
}
```

（3）编写 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import java.io.IOException;
```

```
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class FlowCountReducer extends Reducer<Text,
FlowBean, Text, FlowBean> {

   @Override
   protected void reduce(Text key, Iterable<FlowBean> values,
Context context)throws IOException, InterruptedException {

      long sum_upFlow = 0;
      long sum_downFlow = 0;

      // 1 遍历所用 bean，将其中的上行流量，下行流量分别累加
      for (FlowBean flowBean : values) {
         sum_upFlow += flowBean.getUpFlow();
         sum_downFlow += flowBean.getDownFlow();
      }

      // 2 封装对象
      FlowBean resultBean = new FlowBean(sum_upFlow,
sum_downFlow);

      // 3 写出
      context.write(key, resultBean);
   }
}
```

（4）编写 Driver 驱动类

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class FlowsumDriver {

   public static void main(String[] args) throws
IllegalArgumentException, IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {

      // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
      args = new String[] { "e:/input/inputflow",
"e:/output1" };

      // 1 获取配置信息，或者 job 对象实例
      Configuration configuration = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(configuration);

      // 6 指定本程序的 jar 包所在的本地路径
      job.setJarByClass(FlowsumDriver.class);
```

```
        // 2 指定本业务 job 要使用的 mapper/Reducer 业务类
        job.setMapperClass(FlowCountMapper.class);
        job.setReducerClass(FlowCountReducer.class);

        // 3 指定 mapper 输出数据的 kv 类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(FlowBean.class);

        // 4 指定最终输出的数据的 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(FlowBean.class);

        // 5 指定 job 的输入原始文件所在目录
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 7 将 job 中配置的相关参数，以及 job 所用的 java 类所在的 jar
包， 提交给 yarn 去运行
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

第 3 章 MapReduce 框架原理

3.1 InputFormat 数据输入

3.1.1 切片与 MapTask 并行度决定机制

1．问题引出

MapTask 的并行度决定 Map 阶段的任务处理并发度，进而影响到整个 Job 的处理速度。

思考：1G 的数据，启动 8 个 MapTask，可以提高集群的并发处理能力。那么 1K 的数据，也启动 8 个 MapTask，会提高集群性能吗？MapTask 并行任务是否越多越好呢？哪些因素影响了 MapTask 并行度？

2．MapTask 并行度决定机制

数据块：Block 是 HDFS 物理上把数据分成一块一块。

数据切片：数据切片只是在逻辑上对输入进行分片，并不会在磁盘上将其切分成片进行存储。

数据切片与MapTask并行度决定机制

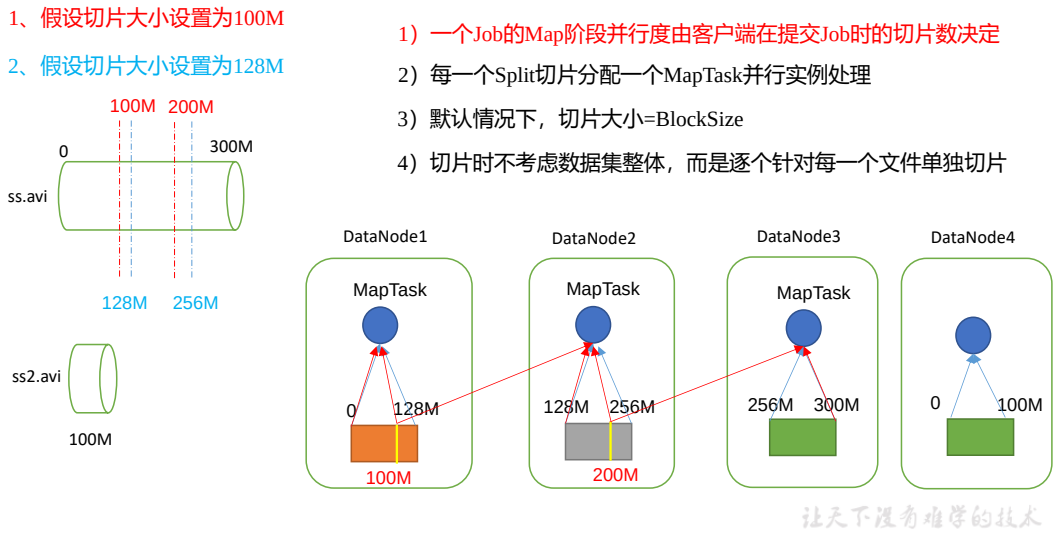


图 4-11　MapTask 并行度决定机制

3.1.2 Job 提交流程源码和切片源码详解

1. Job 提交流程源码详解，如图 4-8 所示

```
waitForCompletion()

submit();

// 1 建立连接
    connect();
        // 1）创建提交 Job 的代理
        new Cluster(getConfiguration());
            // （1）判断是本地 yarn 还是远程
            initialize(jobTrackAddr, conf);

// 2 提交 job
    submitter.submitJobInternal(Job.this, cluster)
    // 1）创建给集群提交数据的 Stag 路径
    Path                        jobStagingArea                          =
JobSubmissionFiles.getStagingDir(cluster, conf);

    // 2）获取 jobid ，并创建 Job 路径
    JobID jobId = submitClient.getNewJobID();

    // 3）拷贝 jar 包到集群
    copyAndConfigureFiles(job, submitJobDir);
    rUploader.uploadFiles(job, jobSubmitDir);

// 4）计算切片，生成切片规划文件
    writeSplits(job, submitJobDir);
        maps = writeNewSplits(job, jobSubmitDir);
        input.getSplits(job);

// 5）向 Stag 路径写 XML 配置文件
```

```
    writeConf(conf, submitJobFile);
    conf.writeXml(out);

// 6）提交 Job,返回提交状态
    status                =                submitClient.submitJob(jobId,
submitJobDir.toString(), job.getCredentials());
```

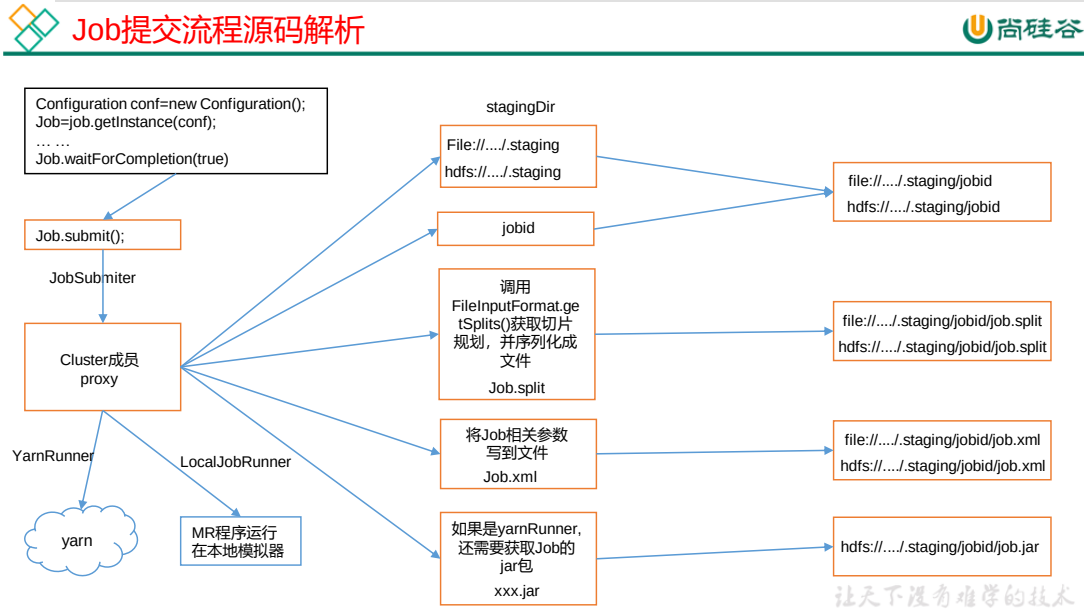


图 4-8　Job 提交流程源码分析

2．FileInputFormat 切片源码解析(input.getSplits(job))

（1）程序先找到你数据存储的目录。

（2）开始遍历处理（规划切片）目录下的每一个文件

（3）遍历第一个文件ss.txt

a）获取文件大小fs.sizeOf(ss.txt)

b）计算切片大小

computeSplitSize(Math.max(minSize,Math.min(maxSize,blocksize)))=blocksize=128M

c）默认情况下，切片大小=blocksize

d）开始切，形成第1个切片：ss.txt—0:128M 第2个切片ss.txt—128:256M 第3个切片ss.txt—256M:300M

（每次切片时，都要判断切完剩下的部分是否大于块的1.1倍，不大于1.1倍就划分一块切片）

e）将切片信息写到一个切片规划文件中

f）整个切片的核心过程在getSplit()方法中完成

g）InputSplit只记录了切片的元数据信息，比如起始位置、长度以及所在的节点列表等。

（4）提交切片规划文件到YARN上，YARN上的MrAppMaster就可以根据切片规划文件计算开启MapTask个数。

3.1.3 FileInputFormat 切片机制

FileInputFormat切片机制

1、切片机制

（1）简单地按照文件的内容长度进行切片

（2）切片大小，默认等于Block大小

（3）切片时不考虑数据集整体，而是逐个针对每一个文件单独切片

2、案例分析

（1）输入数据有两个文件：

```
file1.txt    320M
file2.txt    10M
```

（2）经过FileInputFormat的切片机制运算后，形成的切片信息如下：

```
file1.txt.split1--  0~128
file1.txt.split2--  128~256
file1.txt.split3--  256~320
file2.txt.split1--  0~10M
```


FileInputFormat切片大小的参数配置

（1）源码中计算切片大小的公式

Math.max(minSize, Math.min(maxSize, blockSize));

mapreduce.input.fileinputformat.split.minsize=1 默认值为1

mapreduce.input.fileinputformat.split.maxsize= Long.MAXValue 默认值Long.MAXValue

因此，默认情况下，切片大小=blocksize。

（2）切片大小设置

maxsize（切片最大值）：参数如果调得比blockSize小，则会让切片变小，而且就等于配置的这个参数的值。

minsize（切片最小值）：参数调的比blockSize大，则可以让切片变得比blockSize还大。

（3）获取切片信息API

```
// 获取切片的文件名称
String name = inputSplit.getPath().getName();
// 根据文件类型获取切片信息
FileSplit inputSplit = (FileSplit) context.getInputSplit();
```


3.1.4 CombineTextInputFormat 切片机制

框架默认的 TextInputFormat 切片机制是对任务按文件规划切片，不管文件多小，都会是一个单独的切片，都会交给一个 MapTask，这样如果有大量小文件，就会产生大量的 MapTask，处理效率极其低下。

1、应用场景：

CombineTextInputFormat 用于小文件过多的场景，它可以将多个小文件从逻辑上规划到一个切片中，这样，多个小文件就可以交给一个 MapTask 处理。

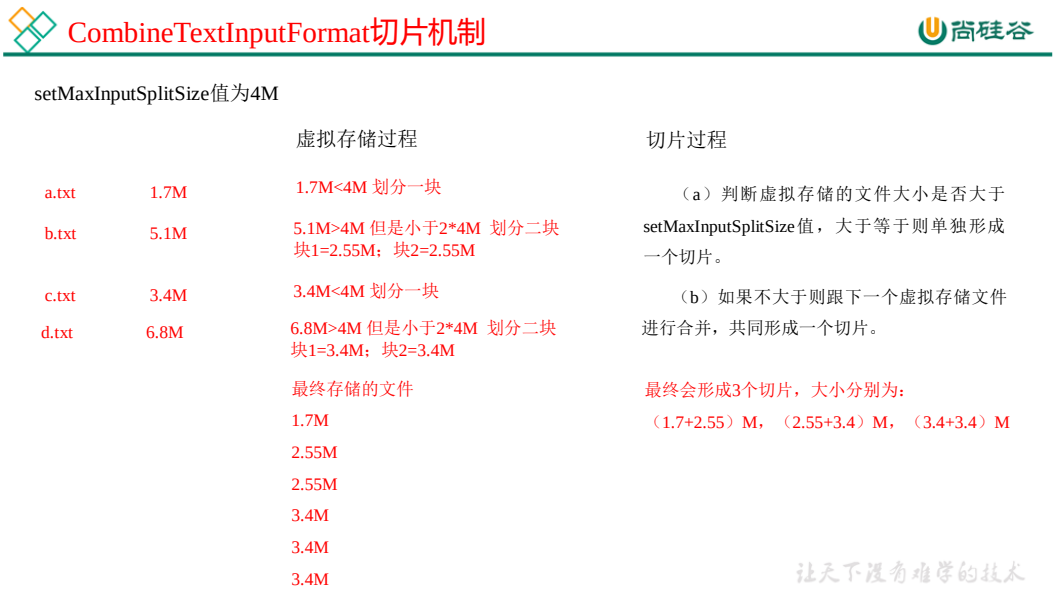
2、虚拟存储切片最大值设置

CombineTextInputFormat.setMaxInputSplitSize(job, 4194304);// 4m

注意：虚拟存储切片最大值设置最好根据实际的小文件大小情况来设置具体的值。

3、切片机制

生成切片过程包括：虚拟存储过程和切片过程二部分。



（1）虚拟存储过程：

将输入目录下所有文件大小，依次和设置的 setMaxInputSplitSize 值比较，如果不大于设置的最大值，逻辑上划分一个块。如果输入文件大于设置的最大值且大于两倍，那么以最大值切割一块；当剩余数据大小超过设置的最大值且不大于最大值 2 倍，此时将文件均分成 2 个虚拟存储块（防止出现太小切片）。

例如 setMaxInputSplitSize 值为 4M，输入文件大小为 8.02M，则先逻辑上分成一个 4M。剩余的大小为 4.02M，如果按照 4M 逻辑划分，就会出现 0.02M 的小的虚拟存储文件，所以将剩余的 4.02M 文件切分成（2.01M 和 2.01M）两个文件。

（2）切片过程：

（a）判断虚拟存储的文件大小是否大于 setMaxInputSplitSize 值，大于等于则单独形成一个切片。

（b）如果不大于则跟下一个虚拟存储文件进行合并，共同形成一个切片。

（c）测试举例：有 4 个小文件大小分别为 1.7M、5.1M、3.4M 以及 6.8M 这四个小文件，则虚拟存储之后形成 6 个文件块，大小分别为：

1.7M，（2.55M、2.55M），3.4M 以及（3.4M、3.4M）

最终会形成 3 个切片，大小分别为：

（1.7+2.55）M，（2.55+3.4）M，（3.4+3.4）M

3.1.5 CombineTextInputFormat 案例实操

1．需求

将输入的大量小文件合并成一个切片统一处理。

（1）输入数据

准备 4 个小文件

（2）期望

期望一个切片处理 4 个文件

2．实现过程

（1）不做任何处理，运行 1.6 节的 WordCount 案例程序，观察切片个数为 4。

```
number of splits:4
```

（2）在 WordcountDriver 中增加如下代码，运行程序，并观察运行的切片个数为 3。

（a）驱动类中添加代码如下：

```
// 如果不设置 InputFormat，它默认用的是 TextInputFormat.class
job.setInputFormatClass(CombineTextInputFormat.class);

//虚拟存储切片最大值设置 4m
CombineTextInputFormat.setMaxInputSplitSize(job, 4194304);
```

（b）运行如果为 3 个切片。

```
number of splits:3
```

（3）在 WordcountDriver 中增加如下代码，运行程序，并观察运行的切片个数为 1。

（a）驱动中添加代码如下：

```
// 如果不设置 InputFormat，它默认用的是 TextInputFormat.class
job.setInputFormatClass(CombineTextInputFormat.class);

//虚拟存储切片最大值设置 20m
CombineTextInputFormat.setMaxInputSplitSize(job, 20971520);
```

（b）运行如果为 1 个切片。

```
number of splits:1
```

3.1.6 FileInputFormat 实现类

FileInputFormat实现类

思考：在运行MapReduce程序时，输入的文件格式包括：基于行的日志文件、二进制格式文件、数据库表等。那么，针对不同的数据类型，MapReduce是如何读取这些数据的呢？

FileInputFormat 常见的接口实现类包括：TextInputFormat 、KeyValueTextInputFormat、NLineInputFormat、CombineTextInputFormat和自定义InputFormat等。

FileInputFormat实现类

1．TextInputFormat

TextInputFormat是默认的FileInputFormat实现类。按行读取每条记录。键是存储该行在整个文件中的起始字节偏移量， LongWritable类型。值是这行的内容，不包括任何行终止符（换行符和回车符），Text类型。

以下是一个示例，比如，一个分片包含了如下4条文本记录。

```
Rich learning form
Intelligent learning engine
Learning more convenient
From the real demand for more close to the enterprise
```

每条记录表示为以下键/值对：

```
(0,Rich learning form)
(19,Intelligent learning engine)
(47,Learning more convenient)
(72,From the real demand for more close to the enterprise)
```

FileInputFormat实现类

2．KeyValueTextInputFormat

每一行均为一条记录，被分隔符分割为key，value。可以通过在驱动类中设置conf.set(KeyValueLineRecordReader.KEY_VALUE_SEPERATOR, "\t");来设定分隔符。默认分隔符是tab（\t）。

以下是一个示例，输入是一个包含4条记录的分片。其中——>表示一个（水平方向的）制表符。

```
line1 ——>Rich learning form
line2 ——>Intelligent learning engine
line3 ——>Learning more convenient
line4 ——>From the real demand for more close to the enterprise
```

每条记录表示为以下键/值对：

```
(line1,Rich learning form)
(line2,Intelligent learning engine)
(line3,Learning more convenient)
(line4,From the real demand for more close to the enterprise)
```

此时的键是每行排在制表符之前的Text序列。

FileInputFormat实现类

3．NLineInputFormat

如果使用NlineInputFormat，代表每个map进程处理的InputSplit不再按Block块去划分，而是按NlineInputFormat指定的行数N来划分。即输入文件的总行数/N=切片数，如果不整除，切片数=商+1。

以下是一个示例，仍然以上面的4行输入为例。

```
Rich learning form
Intelligent learning engine
Learning more convenient
From the real demand for more close to the enterprise
```

例如，如果N是2，则每个输入分片包含两行。开启2个MapTask。

```
(0,Rich learning form)
(19,Intelligent learning engine)
```

另一个 mapper 则收到后两行：

```
(47,Learning more convenient)
(72,From the real demand for more close to the enterprise)
```

这里的键和值与TextInputFormat生成的一样。

让天下没有难学的技术

3.1.7 KeyValueTextInputFormat 使用案例

1．需求

统计输入文件中每一行的第一个单词相同的行数。

（1）输入数据

```
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
```

（2）期望结果数据

```
banzhang 2
xihuan   2
```

2．需求分析

KeyValueTextInputFormat案例分析

1、需求：统计输入文件中每一行的第一个单词相同的行数。

2、输入数据

```
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
```

3、期望输出数据

```
banzhang 2
xihuan 2
```

4、Map阶段

```
banzhang ni hao
```

（1）设置key和value

```
<banzhang,1>
```

（2）写出

5、Reduce阶段

```
<banzhang,1>
<banzhang,1>
```

（1）汇总

```
<banzhang,2>
```

（2）写出

6、Driver

```
// （1）设置切割符
conf.set(KeyValueLineRecordReader.KEY_VALUE_SEPERATOR, " ");

// （2）设置输入格式
job.setInputFormatClass(KeyValueTextInputFormat.class);
```


3．代码实现

（1）编写 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.KeyValueTextInputFormat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class KVTextMapper extends Mapper<Text, Text, Text,
LongWritable>{

   // 1 设置 value
   LongWritable v = new LongWritable(1);

   @Override
   protected void map(Text key, Text value, Context context)
          throws IOException, InterruptedException {

        // banzhang ni hao

        // 2 写出
        context.write(key, v);
   }
}
```

（2）编写 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.KeyValueTextInputFormat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public    class    KVTextReducer    extends    Reducer<Text,
LongWritable, Text, LongWritable>{

    LongWritable v = new LongWritable();
```

```
   @Override
   protected void reduce(Text key, Iterable<LongWritable>
values, Context context) throws IOException,
InterruptedException {

        long sum = 0L;

        // 1 汇总统计
        for (LongWritable value : values) {
            sum += value.get();
        }

        v.set(sum);

        // 2 输出
        context.write(key, v);
   }
}
```

（3）编写 Driver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.keyvaleTextInputFormat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.KeyValueLineRecordRea
der;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.KeyValueTextInputForm
at;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class KVTextDriver {

   public static void main(String[] args) throws IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {

      Configuration conf = new Configuration();
      // 设置切割符
   conf.set(KeyValueLineRecordReader.KEY_VALUE_SEPERATOR,  "
");
      // 1 获取 job 对象
      Job job = Job.getInstance(conf);

      // 2 设置 jar 包位置，关联 mapper 和 reducer
      job.setJarByClass(KVTextDriver.class);
      job.setMapperClass(KVTextMapper.class);
      job.setReducerClass(KVTextReducer.class);

      // 3 设置 map 输出 kv 类型
```

```
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(LongWritable.class);

        // 4 设置最终输出 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(LongWritable.class);

        // 5 设置输入输出数据路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));

        // 设置输入格式
    job.setInputFormatClass(KeyValueTextInputFormat.class);

        // 6 设置输出数据路径
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 7 提交 job
        job.waitForCompletion(true);
    }
}
```

3.1.8 NLineInputFormat 使用案例

1. 需求

对每个单词进行个数统计，要求根据每个输入文件的行数来规定输出多少个切片。此案例要求每三行放入一个切片中。

（1）输入数据

```
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
```

（2）期望输出数据

```
Number of splits:4
```

2．需求分析

NLineInputFormat案例分析

1、需求：对每个单词进行个数统计，要求每三行放入一个切片中。

2、输入数据

```
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dc
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dc
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dc
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dc
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dcbanzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang dc
```

3、期望输出数据

```
WARN [org.apache.hadoop.mapreduce.JobResourceUploader] - Hadoop command-line
WARN [org.apache.hadoop.mapreduce.JobResourceUploader] - No job jar file set
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat] - Total input p
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.JobSubmitter] - number of splits:4
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.JobSubmitter] - Submitting tokens for job:
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.Job] - The url to track the job: http://lo
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.Job] - Running job: job_local998538859_000
INFO [org.apache.hadoop.mapred.LocalJobRunner] - OutputCommitter set in conf
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputCommitter] - File Out
```

4、Map阶段

（1）获取一行

（2）切割

（3）循环写出

5、Reduce阶段

（1）汇总

（2）输出

6、Driver

```
// 设置每个切片InputSplit中划分三条记录
NLineInputFormat.setNumLinesPerSplit(job, 3);
```


3．代码实现

（1）编写 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.nline;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class NLineMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, LongWritable>{

   private Text k = new Text();
   private LongWritable v = new LongWritable(1);

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 切割
        String[] splited = line.split(" ");

        // 3 循环写出
        for (int i = 0; i < splited.length; i++) {

           k.set(splited[i]);

           context.write(k, v);
        }
   }
}
```

（2）编写 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.nline;
```

```
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class NLineReducer extends Reducer<Text,
LongWritable, Text, LongWritable>{

   LongWritable v = new LongWritable();

   @Override
   protected void reduce(Text key, Iterable<LongWritable>
values, Context context) throws IOException,
InterruptedException {

       long sum = 0l;

       // 1 汇总
       for (LongWritable value : values) {
           sum += value.get();
       }

       v.set(sum);

       // 2 输出
       context.write(key, v);
   }
}
```

（3）编写 Driver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.nline;
import java.io.IOException;
import java.net.URISyntaxException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.NLineInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class NLineDriver {

   public static void main(String[] args) throws IOException,
URISyntaxException, ClassNotFoundException,
InterruptedException {

      // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
      args = new String[] { "e:/input/inputword",
"e:/output1" };

       // 1 获取 job 对象
       Configuration configuration = new Configuration();
```

```
        Job job = Job.getInstance(configuration);

        // 7 设置每个切片 InputSplit 中划分三条记录
        NLineInputFormat.setNumLinesPerSplit(job, 3);

        // 8 使用 NLineInputFormat 处理记录数
        job.setInputFormatClass(NLineInputFormat.class);

        // 2 设置 jar 包位置，关联 mapper 和 reducer
        job.setJarByClass(NLineDriver.class);
        job.setMapperClass(NLineMapper.class);
        job.setReducerClass(NLineReducer.class);

        // 3 设置 map 输出 kv 类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(LongWritable.class);

        // 4 设置最终输出 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(LongWritable.class);

        // 5 设置输入输出数据路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job,                new
Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,               new
Path(args[1]));

        // 6 提交 job
        job.waitForCompletion(true);
    }
}
```

4．测试

（1）输入数据

```
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang banzhang ni hao
xihuan hadoop banzhang
```

（2）输出结果的切片数，如图 4-10 所示：

```
WARN [org.apache.hadoop.mapreduce.JobResourceUploader] - Hadoop command-line
WARN [org.apache.hadoop.mapreduce.JobResourceUploader] - No job jar file set
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat] - Total input p
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.JobSubmitter] - number of splits:4
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.JobSubmitter] - Submitting tokens for job:
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.Job] - The url to track the job: http://lo
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.Job] - Running job: job_local998538859_000
INFO [org.apache.hadoop.mapred.LocalJobRunner] - OutputCommitter set in conf
INFO [org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputCommitter] - File Out
```

图 4-10 输出结果的切片数

3.1.9 自定义 InputFormat

自定义InputFormat 尚硅谷

在企业开发中，Hadoop框架自带的InputFormat类型不能满足所有应用场景，需要自定义InputFormat来解决实际问题。

自定义InputFormat步骤如下：

（1）自定义一个类继承FileInputFormat。

（2）改写RecordReader，实现一次读取一个完整文件封装为KV。

（3）在输出时使用SequenceFileOutPutFormat输出合并文件。

3.1.10 自定义 InputFormat 案例实操

无论 HDFS 还是 MapReduce，在处理小文件时效率都非常低，但又难免面临处理大量小文件的场景，此时，就需要有相应解决方案。可以自定义 InputFormat 实现小文件的合并。

1．需求

将多个小文件合并成一个 SequenceFile 文件（SequenceFile 文件是 Hadoop 用来存储二进制形式的 key-value 对的文件格式），SequenceFile 里面存储着多个文件，存储的形式为文件路径+名称为 key，文件内容为 value。

（1）输入数据

（2）期望输出文件格式

part-r-00000

2．需求分析

自定义InputFormat案例分析

1、自定义一个类继承FileInputFormat

（1）重写isSplitable()方法，返回false不可切割

（2）重写createRecordReader()，创建自定义的RecordReader对象，并初始化

2、改写RecordReader，实现一次读取一个完整文件封装为KV

（1）采用IO流一次读取一个文件输出到value中，因为设置了不可切片，最终把所有文件都封装到了value中

（2）获取文件路径信息+名称，并设置key

3、设置Driver

```
// （1）设置输入的inputFormat
job.setInputFormatClass(WholeFileInputformat.class);

// （2）设置输出的outputFormat
job.setOutputFormatClass(SequenceFileOutputFormat.class);
```


3．程序实现

（1）自定义 InputFromat

```
package com.atguigu.mapreduce.inputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.BytesWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.mapreduce.InputSplit;
import org.apache.hadoop.mapreduce.JobContext;
import org.apache.hadoop.mapreduce.RecordReader;
import org.apache.hadoop.mapreduce.TaskAttemptContext;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;

// 定义类继承 FileInputFormat
public class WholeFileInputformat extends
FileInputFormat<Text, BytesWritable>{

  @Override
  protected boolean isSplitable(JobContext context, Path
filename) {
      return false;
  }

  @Override
  public RecordReader<Text, BytesWritable>
createRecordReader(InputSplit split, TaskAttemptContext
context) throws IOException, InterruptedException {

      WholeRecordReader recordReader = new
WholeRecordReader();
      recordReader.initialize(split, context);

      return recordReader;
  }
```

```
}
```

（2）自定义 RecordReader 类

```
package com.atguigu.mapreduce.inputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.FSDataInputStream;
import org.apache.hadoop.fs.FileSystem;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.BytesWritable;
import org.apache.hadoop.io.IOUtils;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.mapreduce.InputSplit;
import org.apache.hadoop.mapreduce.RecordReader;
import org.apache.hadoop.mapreduce.TaskAttemptContext;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileSplit;

public class WholeRecordReader extends RecordReader<Text,
BytesWritable>{

  private Configuration configuration;
  private FileSplit split;

  private boolean isProgress= true;
  private BytesWritable value = new BytesWritable();
  private Text k = new Text();

  @Override
  public void initialize(InputSplit split,
TaskAttemptContext context) throws IOException,
InterruptedException {

    this.split = (FileSplit)split;
    configuration = context.getConfiguration();
  }

  @Override
  public boolean nextKeyValue() throws IOException,
InterruptedException {

    if (isProgress) {

      // 1 定义缓存区
      byte[] contents = new byte[(int)split.getLength()];

      FileSystem fs = null;
      FSDataInputStream fis = null;

      try {
        // 2 获取文件系统
        Path path = split.getPath();
        fs = path.getFileSystem(configuration);

        // 3 读取数据
        fis = fs.open(path);

        // 4 读取文件内容
```

```
            IOUtils.readFully(fis,       contents,       0,
contents.length);

            // 5 输出文件内容
            value.set(contents, 0, contents.length);

            // 6 获取文件路径及名称
            String name = split.getPath().toString();

            // 7 设置输出的 key 值
            k.set(name);

        } catch (Exception e) {

        }finally {
            IOUtils.closeStream(fis);
        }

        isProgress = false;

        return true;
      }

      return false;
   }

   @Override
   public    Text    getCurrentKey()    throws    IOException,
InterruptedException {
      return k;
   }

   @Override
   public     BytesWritable     getCurrentValue()     throws
IOException, InterruptedException {
      return value;
   }

   @Override
   public    float    getProgress()    throws    IOException,
InterruptedException {
      return 0;
   }

   @Override
   public void close() throws IOException {
   }
}
```

（3）编写 SequenceFileMapper 类处理流程

```
package com.atguigu.mapreduce.inputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.BytesWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileSplit;
```

```
public class SequenceFileMapper extends Mapper<Text,
BytesWritable, Text, BytesWritable>{

   @Override
   protected void map(Text key, BytesWritable value,
   Context context)    throws                    IOException,
InterruptedException {

      context.write(key, value);
   }
}
```

（4）编写 SequenceFileReducer 类处理流程

```
package com.atguigu.mapreduce.inputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.BytesWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class SequenceFileReducer extends Reducer<Text,
BytesWritable, Text, BytesWritable> {

   @Override
   protected void reduce(Text key, Iterable<BytesWritable>
values, Context context)     throws            IOException,
InterruptedException {

      context.write(key, values.iterator().next());
   }
}
```

（5）编写 SequenceFileDriver 类处理流程

```
package com.atguigu.mapreduce.inputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.BytesWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.SequenceFileOutputFo
rmat;

public class SequenceFileDriver {

   public static void main(String[] args) throws IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {

      // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
      args = new String[] { "e:/input/inputinputformat",
"e:/output1" };

      // 1 获取 job 对象
```

```
        Configuration conf = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(conf);

        // 2 设置 jar 包存储位置、关联自定义的 mapper 和 reducer
        job.setJarByClass(SequenceFileDriver.class);
        job.setMapperClass(SequenceFileMapper.class);
        job.setReducerClass(SequenceFileReducer.class);

        // 7 设置输入的 inputFormat
        job.setInputFormatClass(WholeFileInputformat.class);

        // 8 设置输出的 outputFormat
    job.setOutputFormatClass(SequenceFileOutputFormat.class);

        // 3 设置 map 输出端的 kv 类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(BytesWritable.class);

        // 4 设置最终输出端的 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(BytesWritable.class);

        // 5 设置输入输出路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 6 提交 job
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

3.2 MapReduce 工作流程

1．流程示意图，如图 4-6，4-7 所示

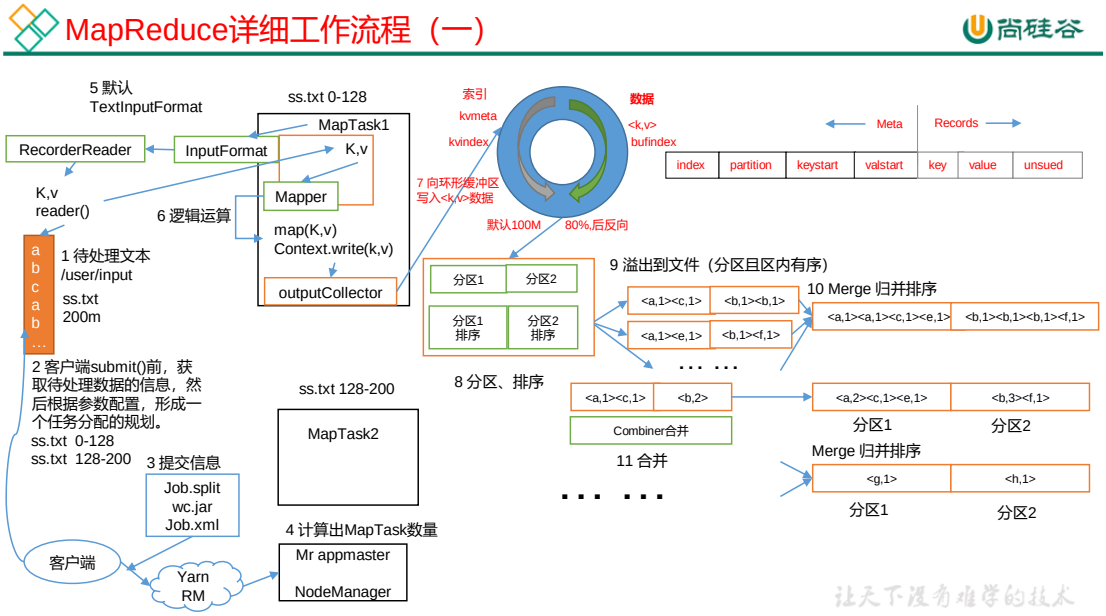


图 4-6　MapReduce 详细工作流程（一）

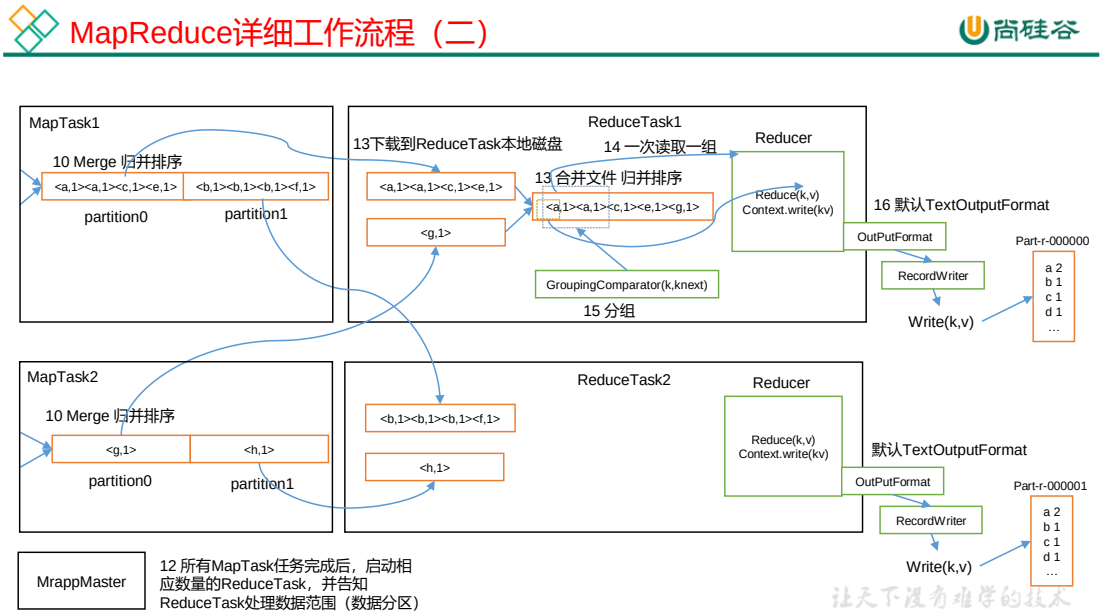


图 4-7　MapReduce 详细工作流程（二）

2．流程详解

上面的流程是整个 MapReduce 最全工作流程，但是 Shuffle 过程只是从第 7 步开始到第 16 步结束，具体 Shuffle 过程详解，如下：

1）MapTask 收集我们的 map()方法输出的 kv 对，放到内存缓冲区中

2）从内存缓冲区不断溢出本地磁盘文件，可能会溢出多个文件

3）多个溢出文件会被合并成大的溢出文件

4）在溢出过程及合并的过程中，都要调用 Partitioner 进行分区和针对 key 进行排序

5）ReduceTask 根据自己的分区号，去各个 MapTask 机器上取相应的结果分区数据

6）ReduceTask 会取到同一个分区的来自不同 MapTask 的结果文件，ReduceTask 会将这些文件再进行合并（归并排序）

7）合并成大文件后，Shuffle 的过程也就结束了，后面进入 ReduceTask 的逻辑运算过程（从文件中取出一个一个的键值对 Group，调用用户自定义的 reduce()方法）

3．注意

Shuffle 中的缓冲区大小会影响到 MapReduce 程序的执行效率，原则上说，缓冲区越大，磁盘 io 的次数越少，执行速度就越快。

缓冲区的大小可以通过参数调整，参数：io.sort.mb 默认 100M。

4．源码解析流程

context.write(k, NullWritable.get());

output.write(key, value);

collector.collect(key, value,partitioner.getPartition(key, value, partitions));

HashPartitioner();

collect()

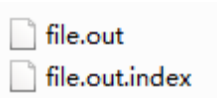
close()

collect.flush()

sortAndSpill()

sort() QuickSort

mergeParts();



collector.close();

3.3 Shuffle 机制

3.3.1 Shuffle 机制

Map 方法之后，Reduce 方法之前的数据处理过程称之为 Shuffle。如图 4-14 所示。

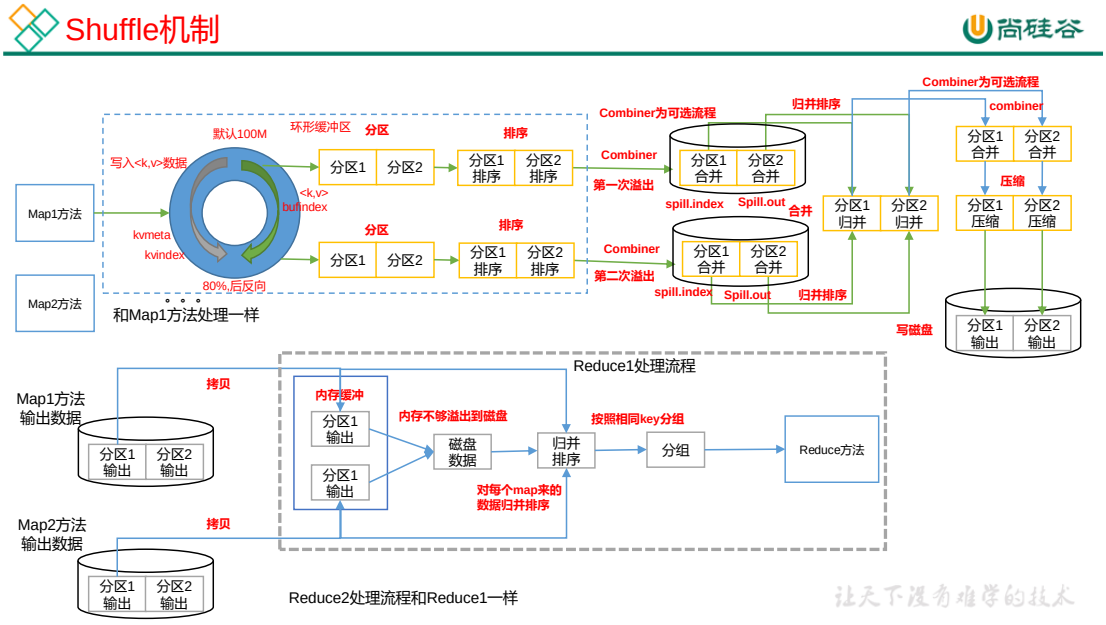


图 4-14 Shuffle 机制

3.3.2 Partition 分区

Partition分区

1、问题引出

要求将统计结果按照条件输出到不同文件中（分区）。比如：将统计结果按照手机归属地不同省份输出到不同文件中（分区）

2、默认Partitioner分区

```
public class HashPartitioner<K, V> extends Partitioner<K, V> {

  public int getPartition(K key, V value, int numReduceTasks) {
    return (key.hashCode() & Integer.MAX_VALUE) % numReduceTasks;
  }

}
```

默认分区是根据key的hashCode对ReduceTasks个数取模得到的。用户没法控制哪个key存储到哪个分区。

Partition分区

3、自定义Partitioner步骤

（1）自定义类继承Partitioner，重写getPartition()方法

```
public class CustomPartitioner extends Partitioner<Text, FlowBean> {
        @Override
        public int getPartition(Text key, FlowBean value, int numPartitions) {
        // 控制分区代码逻辑
        … …
                return partition;
        }
}
```

（2）在Job驱动中，设置自定义Partitioner

```
job.setPartitionerClass(CustomPartitioner.class);
```

（3）自定义Partition后，要根据自定义Partitioner的逻辑设置相应数量的ReduceTask

```
job.setNumReduceTasks(5);
```

4、分区总结

（1）如果ReduceTask的数量> getPartition的结果数，则会多产生几个空的输出文件part-r-000xx；

（2）如果1<ReduceTask的数量<getPartition的结果数，则有一部分分区数据无处安放，会Exception；

（3）如果ReduceTask的数量=1，则不管MapTask端输出多少个分区文件，最终结果都交给这一个ReduceTask，最终也就只会产生一个结果文件 part-r-00000；

（4）分区号必须从零开始，逐一累加。

5、案例分析

例如：假设自定义分区数为5，则

（1）job.setNumReduceTasks(1); 会正常运行，只不过会产生一个输出文件

（2）job.setNumReduceTasks(2); 会报错

（3）job.setNumReduceTasks(6); 大于5，程序会正常运行，会产生空文件

3.3.3 Partition 分区案例实操

1．需求

将统计结果按照手机归属地不同省份输出到不同文件中（分区）

（1）输入数据

phone_data .txt

（2）期望输出数据

手机号 136、137、138、139 开头都分别放到一个独立的 4 个文件中，其他开头的放到一个文件中。

2．需求分析

Partition分区案例分析

1、需求：将统计结果按照手机归属地不同省份输出到不同文件中（分区）

2、数据输入

13630577991	6960	690
13736230513	2481	24681
13846544121	264	0
13956435636	132	1512
13560439638	918	4938

3、期望数据输出

文件1
文件2
文件3
文件4
文件5

4、增加一个ProvincePartitioner分区

136	分区0
137	分区1
138	分区2
139	分区3
其他	分区4

5、Driver驱动类

```
// 指定自定义数据分区
job.setPartitionerClass(ProvincePartitioner.
class);

// 同时指定相应数量的reduceTask
job.setNumReduceTasks(5);
```


3．在案例 2.4 的基础上，增加一个分区类

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Partitioner;

public class ProvincePartitioner extends Partitioner<Text,
FlowBean> {

    @Override
    public int getPartition(Text key, FlowBean value, int
numPartitions) {

        // 1 获取电话号码的前三位
        String preNum = key.toString().substring(0, 3);

        int partition = 4;

        // 2 判断是哪个省
        if ("136".equals(preNum)) {
            partition = 0;
        }else if ("137".equals(preNum)) {
            partition = 1;
        }else if ("138".equals(preNum)) {
            partition = 2;
        }else if ("139".equals(preNum)) {
            partition = 3;
        }

        return partition;
    }
}
```

4．在驱动函数中增加自定义数据分区设置和 ReduceTask 设置

```
package com.atguigu.mapreduce.flowsum;
import java.io.IOException;
```

```
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class FlowsumDriver {

    public static void main(String[] args) throws
IllegalArgumentException, IOException, ClassNotFoundException,
InterruptedException {

        // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
        args = new String[]{"e:/output1","e:/output2"};

        // 1 获取配置信息，或者 job 对象实例
        Configuration configuration = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(configuration);

        // 2 指定本程序的 jar 包所在的本地路径
        job.setJarByClass(FlowsumDriver.class);

        // 3 指定本业务 job 要使用的 mapper/Reducer 业务类
        job.setMapperClass(FlowCountMapper.class);
        job.setReducerClass(FlowCountReducer.class);

        // 4 指定 mapper 输出数据的 kv 类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(FlowBean.class);

        // 5 指定最终输出的数据的 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(FlowBean.class);

        // 8 指定自定义数据分区
        job.setPartitionerClass(ProvincePartitioner.class);

        // 9 同时指定相应数量的 reduce task
        job.setNumReduceTasks(5);

        // 6 指定 job 的输入原始文件所在目录
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path(args[1]));

        // 7 将 job 中配置的相关参数，以及 job 所用的 java 类所在的 jar 包，
提交给 yarn 去运行
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

3.3.4 WritableComparable 排序

排序概述

排序是MapReduce框架中最重要的操作之一。

MapTask和ReduceTask均会对数据按照key进行排序。该操作属于Hadoop的默认行为。任何应用程序中的数据均会被排序，而不管逻辑上是否需要。

默认排序是按照字典顺序排序，且实现该排序的方法是快速排序。

排序概述

对于MapTask，它会将处理的结果暂时放到环形缓冲区中，当环形缓冲区使用率达到一定阈值后，再对缓冲区中的数据进行一次快速排序，并将这些有序数据溢写到磁盘上，而当数据处理完毕后，它会对磁盘上所有文件进行归并排序。

对于ReduceTask，它从每个MapTask上远程拷贝相应的数据文件，如果文件大小超过一定阈值，则溢写磁盘上，否则存储在内存中。如果磁盘上文件数目达到一定阈值，则进行一次归并排序以生成一个更大文件；如果内存中文件大小或者数目超过一定阈值，则进行一次合并后将数据溢写到磁盘上。当所有数据拷贝完毕后，ReduceTask统一对内存和磁盘上的所有数据进行一次归并排序。

1．排序的分类

（1）部分排序

MapReduce根据输入记录的键对数据集排序。保证输出的每个文件内部有序。

（2）全排序

最终输出结果只有一个文件，且文件内部有序。实现方式是只设置一个ReduceTask。但该方法在处理大型文件时效率极低，因为一台机器处理所有文件，完全丧失了MapReduce所提供的并行架构。

（3）辅助排序：（GroupingComparator分组）

在Reduce端对key进行分组。应用于：在接收的key为bean对象时，想让一个或几个字段相同（全部字段比较不相同）的key进入到同一个reduce方法时，可以采用分组排序。

（4）二次排序

在自定义排序过程中，如果compareTo中的判断条件为两个即为二次排序。

2．自定义排序 WritableComparable

（1）原理分析

bean 对象做为 key 传输，需要实现 WritableComparable 接口重写 compareTo 方法，就可以实现排序。

```
@Override
public int compareTo(FlowBean o) {

    int result;

    // 按照总流量大小，倒序排列
    if (sumFlow > bean.getSumFlow()) {
        result = -1;
    }else if (sumFlow < bean.getSumFlow()) {
        result = 1;
    }else {
        result = 0;
    }

    return result;
}
```

3.3.5 WritableComparable 排序案例实操（全排序）

1．需求

根据案例 2.3 产生的结果再次对总流量进行排序。

（1）输入数据

原始数据　　第一次处理后的数据

phone_data .txt　　part-r-00000

（2）期望输出数据

13509468723	7335	110349	117684
13736230513	2481	24681	27162
13956435636	132	1512	1644
13846544121	264	0	264

。。。　。。。

2．需求分析

WritableComparable排序案例分析（全排序）

尚硅谷

1、需求：根据手机的总流量进行倒序排序

2、输入数据

13736230513	2481	24681	27162
13846544121	264	0	264
13956435636	132	1512	1644
13509468723	7335	110349	117684

。。。　。。。

3、输出数据

13509468723	7335	110349	117684
13736230513	2481	24681	27162
13956435636	132	1512	1644
13846544121	264	0	264

。。。　。。。

4、FlowBean实现WritableComparable接口重写compareTo方法

```
@Override
public int compareTo(FlowBean o) {
    // 倒序排列，按照总流量从大到小
    return this.sumFlow > o.getSumFlow() ? -1 : 1;
}
```

5、Mapper类

context.write(bean，手机号)

6、Reducer类

```
// 循环输出，避免总流量相同情况
for (Text text : values) {
    context.write(text, key);
}
```

让天下没有难学的技术

3．代码实现

（1）FlowBean 对象在在需求 1 基础上增加了比较功能

```
package com.atguigu.mapreduce.sort;
import java.io.DataInput;
import java.io.DataOutput;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.WritableComparable;

public class FlowBean implements WritableComparable<FlowBean>
{

  private long upFlow;
  private long downFlow;
  private long sumFlow;

  // 反序列化时，需要反射调用空参构造函数，所以必须有
  public FlowBean() {
      super();
  }
```

```
public FlowBean(long upFlow, long downFlow) {
    super();
    this.upFlow = upFlow;
    this.downFlow = downFlow;
    this.sumFlow = upFlow + downFlow;
}

public void set(long upFlow, long downFlow) {
    this.upFlow = upFlow;
    this.downFlow = downFlow;
    this.sumFlow = upFlow + downFlow;
}

public long getSumFlow() {
    return sumFlow;
}

public void setSumFlow(long sumFlow) {
    this.sumFlow = sumFlow;
}

public long getUpFlow() {
    return upFlow;
}

public void setUpFlow(long upFlow) {
    this.upFlow = upFlow;
}

public long getDownFlow() {
    return downFlow;
}

public void setDownFlow(long downFlow) {
    this.downFlow = downFlow;
}

/**
 * 序列化方法
 * @param out
 * @throws IOException
 */
@Override
public void write(DataOutput out) throws IOException {
    out.writeLong(upFlow);
    out.writeLong(downFlow);
    out.writeLong(sumFlow);
}

/**
 * 反序列化方法 注意反序列化的顺序和序列化的顺序完全一致
 * @param in
 * @throws IOException
 */
@Override
public void readFields(DataInput in) throws IOException {
    upFlow = in.readLong();
```

```
        downFlow = in.readLong();
        sumFlow = in.readLong();
    }

    @Override
    public String toString() {
        return upFlow + "\t" + downFlow + "\t" + sumFlow;
    }

    @Override
    public int compareTo(FlowBean o) {

        int result;

        // 按照总流量大小，倒序排列
        if (sumFlow > bean.getSumFlow()) {
            result = -1;
        }else if (sumFlow < bean.getSumFlow()) {
            result = 1;
        }else {
            result = 0;
        }

        return result;
    }
}
```

（2）编写 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.sort;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class FlowCountSortMapper extends Mapper<LongWritable,
Text, FlowBean, Text>{

    FlowBean bean = new FlowBean();
    Text v = new Text();

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 截取
        String[] fields = line.split("\t");

        // 3 封装对象
        String phoneNbr = fields[0];
        long upFlow = Long.parseLong(fields[1]);
        long downFlow = Long.parseLong(fields[2]);

        bean.set(upFlow, downFlow);
        v.set(phoneNbr);
```

```
        // 4 输出
        context.write(bean, v);
    }
}
```

（3）编写 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.sort;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class FlowCountSortReducer extends Reducer<FlowBean,
Text, Text, FlowBean>{

    @Override
    protected void reduce(FlowBean key, Iterable<Text> values,
Context context)  throws IOException, InterruptedException {

        // 循环输出，避免总流量相同情况
        for (Text text : values) {
            context.write(text, key);
        }
    }
}
```

（4）编写 Driver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.sort;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class FlowCountSortDriver {

    public static void main(String[] args) throws
ClassNotFoundException, IOException, InterruptedException {

        // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
        args = new String[]{"e:/output1","e:/output2"};

        // 1 获取配置信息，或者 job 对象实例
        Configuration configuration = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(configuration);

        // 2 指定本程序的 jar 包所在的本地路径
        job.setJarByClass(FlowCountSortDriver.class);

        // 3 指定本业务 job 要使用的 mapper/Reducer 业务类
        job.setMapperClass(FlowCountSortMapper.class);
        job.setReducerClass(FlowCountSortReducer.class);

        // 4 指定 mapper 输出数据的 kv 类型
```

```
        job.setMapOutputKeyClass(FlowBean.class);
        job.setMapOutputValueClass(Text.class);

        // 5 指定最终输出的数据的 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(FlowBean.class);

        // 6 指定 job 的输入原始文件所在目录
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path(args[1]));

        // 7 将 job 中配置的相关参数，以及 job 所用的 java 类所在的 jar 包，
提交给 yarn 去运行
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

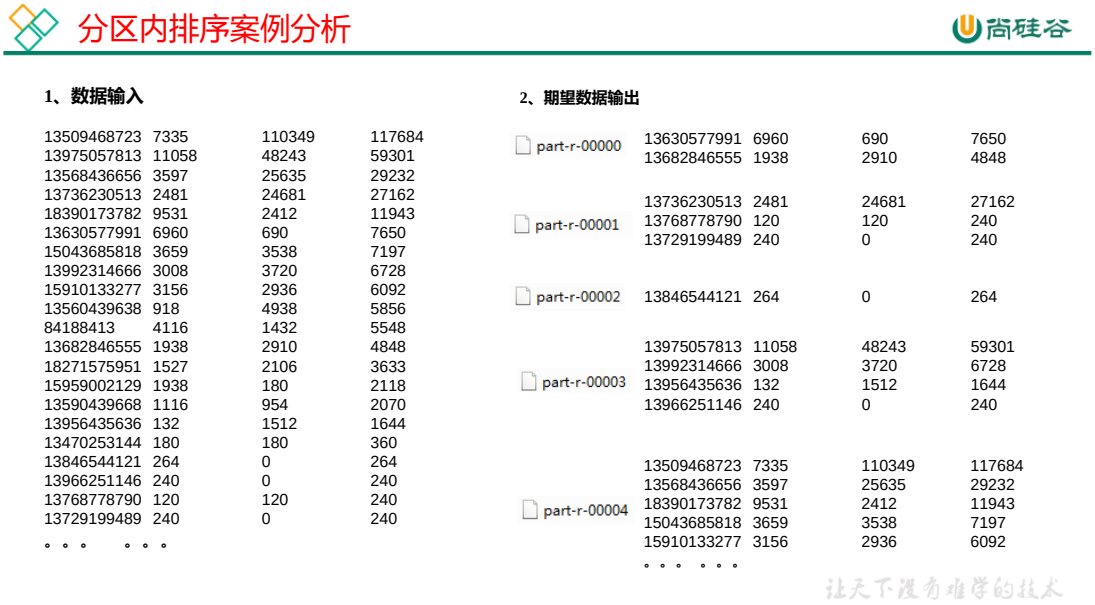
3.3.6 WritableComparable 排序案例实操（区内排序）

1．需求

要求每个省份手机号输出的文件中按照总流量内部排序。

2．需求分析

基于前一个需求，增加自定义分区类，分区按照省份手机号设置。



3．案例实操

（1）增加自定义分区类

```
package com.atguigu.mapreduce.sort;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Partitioner;

public class ProvincePartitioner extends Partitioner<FlowBean,
Text> {
```

```
  @Override
  public int getPartition(FlowBean key, Text value, int
numPartitions) {

      // 1 获取手机号码前三位
      String preNum = value.toString().substring(0, 3);

      int partition = 4;

      // 2 根据手机号归属地设置分区
      if ("136".equals(preNum)) {
         partition = 0;
      }else if ("137".equals(preNum)) {
         partition = 1;
      }else if ("138".equals(preNum)) {
         partition = 2;
      }else if ("139".equals(preNum)) {
         partition = 3;
      }

      return partition;
  }
}
```

（2）在驱动类中添加分区类

```
// 加载自定义分区类
job.setPartitionerClass(ProvincePartitioner.class);

// 设置 Reducetask 个数
job.setNumReduceTasks(5);
```

3.3.7 Combiner 合并

Combiner合并

尚硅谷

（1）Combiner是MR程序中Mapper和Reducer之外的一种组件。

（2）Combiner组件的父类就是Reducer。

（3）Combiner和Reducer的区别在于运行的位置

Combiner是在每一个MapTask所在的节点运行;

Reducer是接收全局所有Mapper的输出结果;

（4）Combiner的意义就是对每一个MapTask的输出进行局部汇总，以减小网络传输量。

（5）Combiner能够应用的前提是不能影响最终的业务逻辑，而且，Combiner的输出kv应该跟Reducer的输入kv类型要对应起来。

Mapper

3 5 7 ->(3+5+7)/3=5

2 6 ->(2+6)/2=4

Reducer

(3+5+7+2+6)/5=23/5 不等于 (5+4)/2=9/2

（6）自定义 Combiner 实现步骤

（a）自定义一个 Combiner 继承 Reducer，重写 Reduce 方法

```
public class WordcountCombiner extends Reducer<Text, IntWritable, Text,IntWritable>{

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values,Context context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 汇总操作
        int count = 0;
        for(IntWritable v :values){
            count += v.get();
        }

        // 2 写出
        context.write(key, new IntWritable(count));
    }
}
```

（b）在 Job 驱动类中设置：

```
job.setCombinerClass(WordcountCombiner.class);
```

3.3.8 Combiner 合并案例实操

1．需求

统计过程中对每一个 MapTask 的输出进行局部汇总，以减小网络传输量即采用 Combiner 功能。

（1）数据输入

hello.txt

（2）期望输出数据

期望：Combine 输入数据多，输出时经过合并，输出数据降低。

2．需求分析

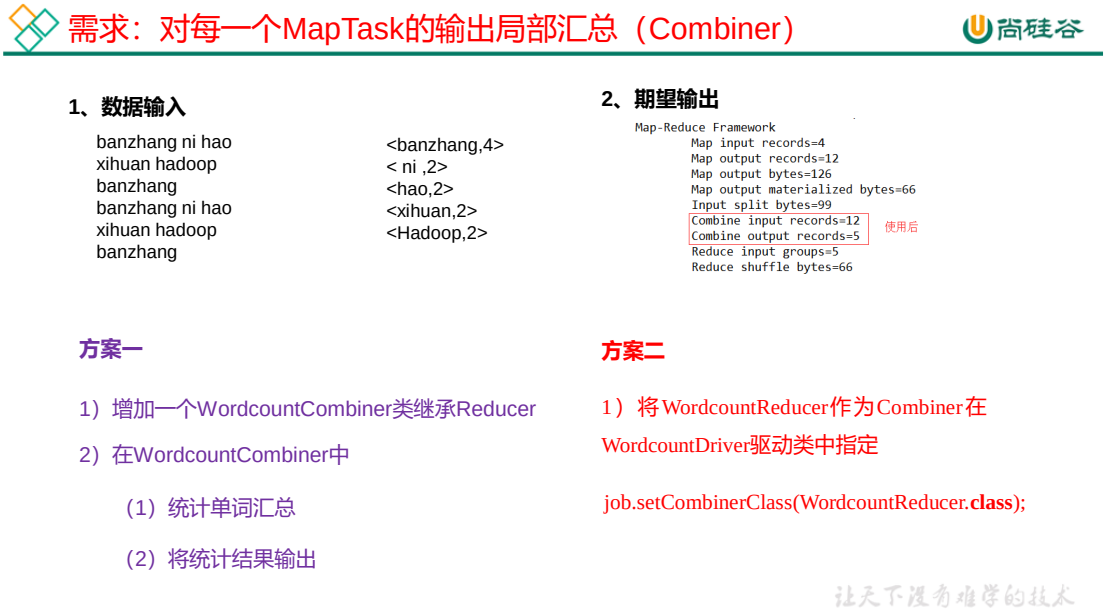


图 4-15　Combiner 的合并案例

3．案例实操-方案一

1）增加一个 WordcountCombiner 类继承 Reducer

```
package com.atguigu.mr.combiner;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class WordcountCombiner extends Reducer<Text, IntWritable, Text, IntWritable>{

    IntWritable v = new IntWritable();

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values, Context context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 汇总
        int sum = 0;

        for(IntWritable value :values){
            sum += value.get();
        }

        v.set(sum);

        // 2 写出
        context.write(key, v);
    }
}
```

2）在 WordcountDriver 驱动类中指定 Combiner

```
// 指定需要使用 combiner，以及用哪个类作为 combiner 的逻辑
job.setCombinerClass(WordcountCombiner.class);
```

4．案例实操-方案二

1）将 WordcountReducer 作为 Combiner 在 WordcountDriver 驱动类中指定

```
// 指定需要使用 Combiner，以及用哪个类作为 Combiner 的逻辑
job.setCombinerClass(WordcountReducer.class);
```

运行程序，如图 4-16，4-17 所示

```
Map-Reduce Framework
        Map input records=4
        Map output records=12
        Map output bytes=126
        Map output materialized bytes=156
        Input split bytes=99
        Combine input records=0
        Combine output records=0
        Reduce input groups=5
        Reduce shuffle bytes=156
```

未使用前

图 4-16 未使用前

```
Map-Reduce Framework
        Map input records=4
        Map output records=12
        Map output bytes=126
        Map output materialized bytes=66
        Input split bytes=99
        Combine input records=12
        Combine output records=5
        Reduce input groups=5
        Reduce shuffle bytes=66
```

使用后

图 4-17 使用后

3.3.9 GroupingComparator 分组（辅助排序）

对 Reduce 阶段的数据根据某一个或几个字段进行分组。

分组排序步骤：

（1）自定义类继承 WritableComparator

（2）重写 compare()方法

```
@Override
public int compare(WritableComparable a, WritableComparable b)
{
        // 比较的业务逻辑
        return result;
}
```

（3）创建一个构造将比较对象的类传给父类

```
protected OrderGroupingComparator() {
        super(OrderBean.class, true);
}
```

3.3.10 GroupingComparator 分组案例实操

1．需求

有如下订单数据

表 4-2 订单数据

订单 id	商品 id	成交金额
0000001	Pdt_01	222.8
	Pdt_02	33.8
0000002	Pdt_03	522.8
	Pdt_04	122.4
	Pdt_05	722.4
0000003	Pdt_06	232.8
	Pdt_02	33.8

现在需要求出每一个订单中最贵的商品。

（1）输入数据

GroupingComparator.txt

（2）期望输出数据

1 222.8
2 722.4
3 232.8

2．需求分析

（1）利用“订单 id 和成交金额”作为 key，可以将 Map 阶段读取到的所有订单数据按照 id 升序排序，如果 id 相同再按照金额降序排序，发送到 Reduce。

（2）在 Reduce 端利用 groupingComparator 将订单 id 相同的 kv 聚合成组，然后取第一个即是该订单中最贵商品，如图 4-18 所示。

需求：求每个订单中最贵的商品（GroupingComparator）

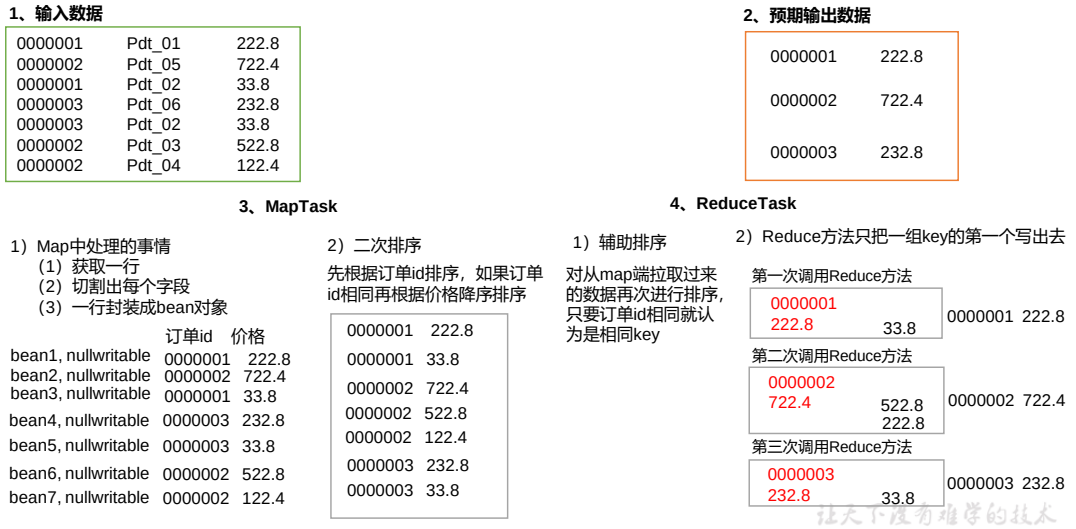


图 4-18 过程分析

3．代码实现

（1）定义订单信息 OrderBean 类

```
package com.atguigu.mapreduce.order;
import java.io.DataInput;
import java.io.DataOutput;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.WritableComparable;

public class OrderBean implements
WritableComparable<OrderBean> {

  private int order_id; // 订单 id 号
  private double price; // 价格

  public OrderBean() {
      super();
  }

  public OrderBean(int order_id, double price) {
      super();
      this.order_id = order_id;
      this.price = price;
  }

  @Override
  public void write(DataOutput out) throws IOException {
      out.writeInt(order_id);
      out.writeDouble(price);
  }

  @Override
  public void readFields(DataInput in) throws IOException {
      order_id = in.readInt();
      price = in.readDouble();
```

```
    }

    @Override
    public String toString() {
        return order_id + "\t" + price;
    }

    public int getOrder_id() {
        return order_id;
    }

    public void setOrder_id(int order_id) {
        this.order_id = order_id;
    }

    public double getPrice() {
        return price;
    }

    public void setPrice(double price) {
        this.price = price;
    }

    // 二次排序
    @Override
    public int compareTo(OrderBean o) {

        int result;

        if (order_id > o.getOrder_id()) {
            result = 1;
        } else if (order_id < o.getOrder_id()) {
            result = -1;
        } else {
            // 价格倒序排序
            result = price > o.getPrice() ? -1 : 1;
        }

        return result;
    }
}
```

（2）编写 OrderSortMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.order;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class OrderMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
OrderBean, NullWritable> {

    OrderBean k = new OrderBean();

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {
```

```
        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 截取
        String[] fields = line.split("\t");

        // 3 封装对象
        k.setOrder_id(Integer.parseInt(fields[0]));
        k.setPrice(Double.parseDouble(fields[2]));

        // 4 写出
        context.write(k, NullWritable.get());
    }
}
```

（3）编写 OrderSortGroupingComparator 类

```
package com.atguigu.mapreduce.order;
import org.apache.hadoop.io.WritableComparable;
import org.apache.hadoop.io.WritableComparator;

public class OrderGroupingComparator extends
WritableComparator {

    protected OrderGroupingComparator() {
        super(OrderBean.class, true);
    }

    @Override
    public int compare(WritableComparable a,
WritableComparable b) {

        OrderBean aBean = (OrderBean) a;
        OrderBean bBean = (OrderBean) b;

        int result;
        if (aBean.getOrder_id() > bBean.getOrder_id()) {
            result = 1;
    } else if (aBean.getOrder_id() < bBean.getOrder_id()) {
            result = -1;
        } else {
            result = 0;
        }

        return result;
    }
}
```

（4）编写 OrderSortReducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.order;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class OrderReducer extends Reducer<OrderBean,
NullWritable, OrderBean, NullWritable> {
```

```
    @Override
    protected        void        reduce(OrderBean        key,
Iterable<NullWritable> values, Context context)      throws
IOException, InterruptedException {

        context.write(key, NullWritable.get());
    }
}
```

（5）编写 OrderSortDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.order;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class OrderDriver {

    public static void main(String[] args) throws Exception,
IOException {

        // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
        args      =    new    String[]{"e:/input/inputorder"    ,
"e:/output1"};

        // 1 获取配置信息
        Configuration conf = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(conf);

        // 2 设置 jar 包加载路径
        job.setJarByClass(OrderDriver.class);

        // 3 加载 map/reduce 类
        job.setMapperClass(OrderMapper.class);
        job.setReducerClass(OrderReducer.class);

        // 4 设置 map 输出数据 key 和 value 类型
        job.setMapOutputKeyClass(OrderBean.class);
        job.setMapOutputValueClass(NullWritable.class);

        // 5 设置最终输出数据的 key 和 value 类型
        job.setOutputKeyClass(OrderBean.class);
        job.setOutputValueClass(NullWritable.class);

        // 6 设置输入数据和输出数据路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 8 设置 reduce 端的分组
    job.setGroupingComparatorClass(OrderGroupingComparator.c
```

```
lass);

        // 7 提交
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

3.4 MapTask 工作机制

MapTask 工作机制如图 4-12 所示。

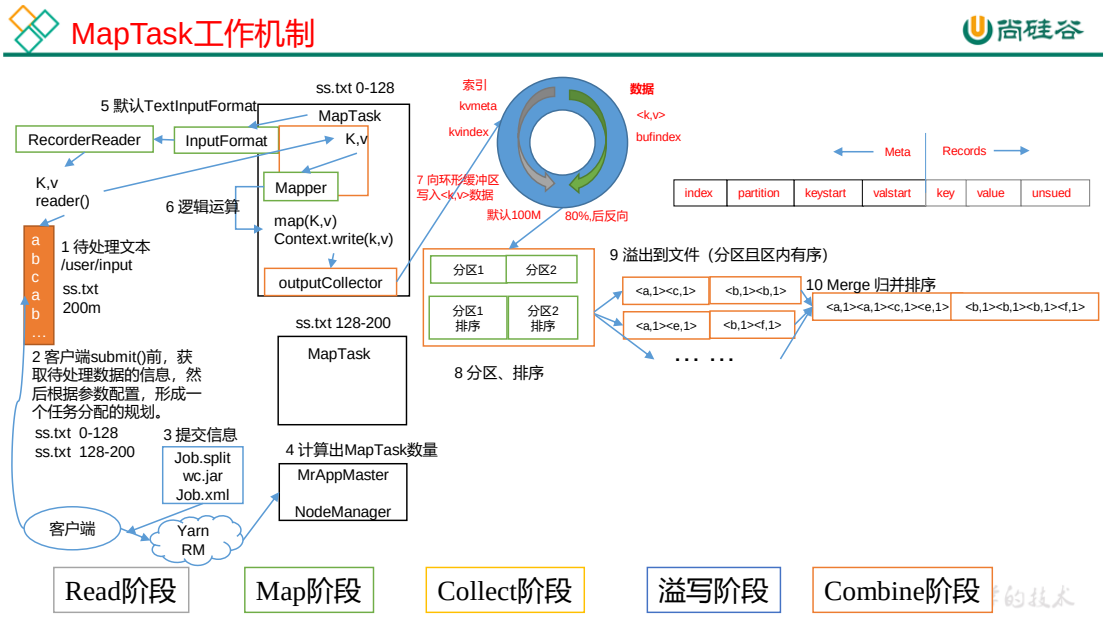


图 4-12　MapTask 工作机制

（1）Read 阶段：MapTask 通过用户编写的 RecordReader，从输入 InputSplit 中解析出一个个 key/value。

（2）Map 阶段：该节点主要是将解析出的 key/value 交给用户编写 map()函数处理，并产生一系列新的 key/value。

（3）Collect 收集阶段：在用户编写 map()函数中，当数据处理完成后，一般会调用 OutputCollector.collect()输出结果。在该函数内部，它会将生成的 key/value 分区（调用 Partitioner），并写入一个环形内存缓冲区中。

（4）Spill 阶段：即“溢写”，当环形缓冲区满后，MapReduce 会将数据写到本地磁盘上，生成一个临时文件。需要注意的是，将数据写入本地磁盘之前，先要对数据进行一次本地排序，并在必要时对数据进行合并、压缩等操作。

溢写阶段详情：

步骤 1：利用快速排序算法对缓存区内的数据进行排序，排序方式是，先按照分区编号

Partition 进行排序，然后按照 key 进行排序。这样，经过排序后，数据以分区为单位聚集在一起，且同一分区内所有数据按照 key 有序。

步骤 2：按照分区编号由小到大依次将每个分区中的数据写入任务工作目录下的临时文件 output/spillN.out（N 表示当前溢写次数）中。如果用户设置了 Combiner，则写入文件之前，对每个分区中的数据进行一次聚集操作。

步骤 3：将分区数据的元信息写到内存索引数据结构 SpillRecord 中，其中每个分区的元信息包括在临时文件中的偏移量、压缩前数据大小和压缩后数据大小。如果当前内存索引大小超过 1MB，则将内存索引写到文件 output/spillN.out.index 中。

（5）Combine 阶段：当所有数据处理完成后，MapTask 对所有临时文件进行一次合并，以确保最终只会生成一个数据文件。

当所有数据处理完后，MapTask 会将所有临时文件合并成一个大文件，并保存到文件 output/file.out 中，同时生成相应的索引文件 output/file.out.index。

在进行文件合并过程中，MapTask 以分区为单位进行合并。对于某个分区，它将采用多轮递归合并的方式。每轮合并 io.sort.factor（默认 10）个文件，并将产生的文件重新加入待合并列表中，对文件排序后，重复以上过程，直到最终得到一个大文件。

让每个 MapTask 最终只生成一个数据文件，可避免同时打开大量文件和同时读取大量小文件产生的随机读取带来的开销。

3.5 ReduceTask 工作机制

1．ReduceTask 工作机制

ReduceTask 工作机制，如图 4-19 所示。

ReduceTask工作机制

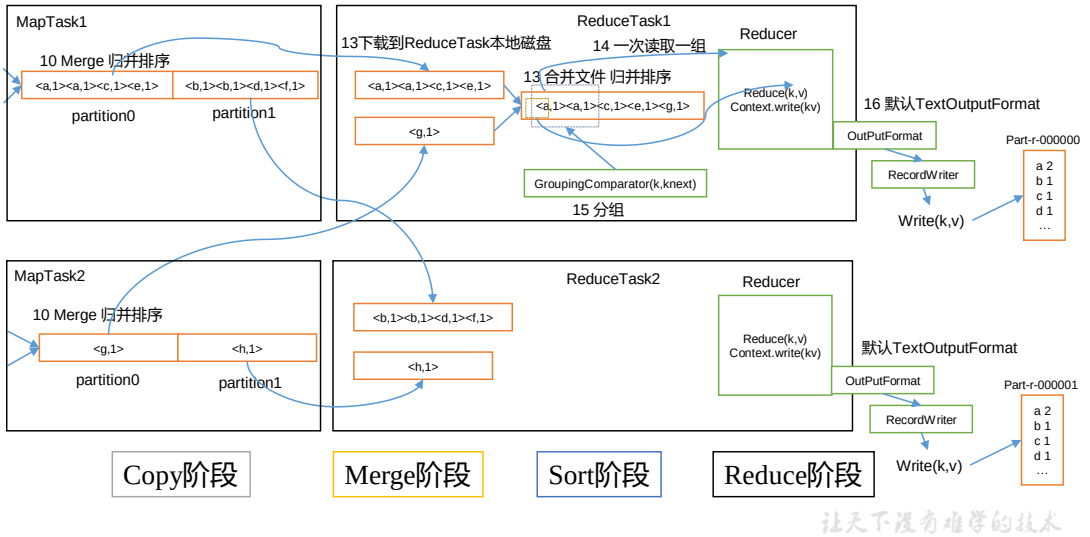


图 4-19 ReduceTask 工作机制

（1）Copy 阶段：ReduceTask 从各个 MapTask 上远程拷贝一片数据，并针对某一片数据，如果其大小超过一定阈值，则写到磁盘上，否则直接放到内存中。

（2）Merge 阶段：在远程拷贝数据的同时，ReduceTask 启动了两个后台线程对内存和磁盘上的文件进行合并，以防止内存使用过多或磁盘上文件过多。

（3）Sort 阶段：按照 MapReduce 语义，用户编写 reduce()函数输入数据是按 key 进行聚集的一组数据。为了将 key 相同的数据聚在一起，Hadoop 采用了基于排序的策略。由于各个 MapTask 已经实现对自己的处理结果进行了局部排序，因此，ReduceTask 只需对所有数据进行一次归并排序即可。

（4）Reduce 阶段：reduce()函数将计算结果写到 HDFS 上。

2．设置 ReduceTask 并行度（个数）

ReduceTask 的并行度同样影响整个 Job 的执行并发度和执行效率，但与 MapTask 的并发数由切片数决定不同，ReduceTask 数量的决定是可以直接手动设置：

```
// 默认值是 1，手动设置为 4
job.setNumReduceTasks(4);
```

3．实验：测试 ReduceTask 多少合适

（1）实验环境：1 个 Master 节点，16 个 Slave 节点：CPU:8GHZ，内存: 2G

（2）实验结论：

表 4-3 改变 ReduceTask （数据量为 1GB）

MapTask =16										
ReduceTask	1	5	10	15	16	20	25	30	45	60

总时间	892	146	110	92	88	100	128	101	145	104

4．注意事项

注意事项

（1）ReduceTask=0，表示没有Reduce阶段，输出文件个数和Map个数一致。

（2）ReduceTask默认值就是1，所以输出文件个数为一个。

（3）如果数据分布不均匀，就有可能在Reduce阶段产生数据倾斜

（4）ReduceTask数量并不是任意设置，还要考虑业务逻辑需求，有些情况下，需要计算全局汇总结果，就只能有1个ReduceTask。

（5）具体多少个ReduceTask，需要根据集群性能而定。

（6）如果分区数不是1，但是ReduceTask为1，是否执行分区过程。答案是：不执行分区过程。因为在MapTask的源码中，执行分区的前提是先判断ReduceNum个数是否大于1。不大于1肯定不执行。

3.6 OutputFormat 数据输出

3.6.1 OutputFormat 接口实现类

OutputFormat接口实现类

OutputFormat是MapReduce输出的基类，所有实现MapReduce输出都实现了 OutputFormat接口。下面我们介绍几种常见的OutputFormat实现类。

1．文本输出TextOutputFormat

默认的输出格式是TextOutputFormat，它把每条记录写为文本行。它的键和值可以是任意类型，因为TextOutputFormat调用toString()方法把它们转换为字符串。

2．SequenceFileOutputFormat

将SequenceFileOutputFormat输出作为后续 MapReduce任务的输入，这便是一种好的输出格式，因为它的格式紧凑，很容易被压缩。

3．自定义OutputFormat

根据用户需求，自定义实现输出。

3.6.2 自定义 OutputFormat

自定义OutputFormat使用场景及步骤

1．使用场景

为了实现控制最终文件的输出路径和输出格式，可以自定义OutputFormat。

例如：要在一个MapReduce程序中根据数据的不同输出两类结果到不同目录，这类灵活的输出需求可以通过自定义OutputFormat来实现。

2．自定义OutputFormat步骤

（1）自定义一个类继承FileOutputFormat。

（2）改写RecordWriter，具体改写输出数据的方法write()。

3.6.3 自定义 OutputFormat 案例实操

1．需求

过滤输入的 log 日志，包含 atguigu 的网站输出到 e:/atguigu.log，不包含 atguigu 的网站输出到 e:/other.log。

（1）输入数据

log.txt

（2）期望输出数据

atguigu.log

other.log

2．需求分析

自定义OutputFormat案例分析

1、需求：过滤输入的log日志，包含atguigu的网站输出到e:/atguigu.log，不包含atguigu的网站输出到e:/other.log

2、输入数据

http://www.baidu.com
http://www.google.com
http://cn.bing.com
http://www.atguigu.com
http://www.sohu.com
http://www.sina.com
http://www.sin2a.com
http://www.sin2desa.com
http://www.sindsafa.com

3、输出数据

atguigu.log

http://www.atguigu.com

other.log

http://cn.bing.com
http://www.baidu.com
http://www.google.com
http://www.sin2a.com
http://www.sin2desa.com
http://www.sina.com
http://www.sindsafa.com
http://www.sohu.com

4、自定义一个OutputFormat类

（1）创建一个类FilterRecordWriter继承RecordWriter

（a）创建两个文件的输出流：atguiguOut、otherOut

（b）如果输入数据包含atguigu，输出到atguiguOut流

如果不包含atguigu，输出到otherOut流

5、驱动类Driver

```
// 要将自定义的输出格式组件设置到job中
job.setOutputFormatClass(FilterOutputFormat.class);
```


3．案例实操

（1）编写 FilterMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.outputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class FilterMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, NullWritable>{

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      // 写出
      context.write(value, NullWritable.get());
   }
}
```

（2）编写 FilterReducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.outputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public    class    FilterReducer    extends    Reducer<Text,
NullWritable, Text, NullWritable> {

   Text k = new Text();

   @Override
   protected  void  reduce(Text  key,  Iterable<NullWritable>
```

```
values, Context context)      throws              IOException,
InterruptedException {

      // 1 获取一行
      String line = key.toString();

      // 2 拼接
      line = line + "\r\n";

      // 3 设置 key
      k.set(line);

      // 4 输出
      context.write(k, NullWritable.get());
   }
}
```

（3）自定义一个 OutputFormat 类

```
package com.atguigu.mapreduce.outputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.RecordWriter;
import org.apache.hadoop.mapreduce.TaskAttemptContext;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public        class        FilterOutputFormat        extends
FileOutputFormat<Text, NullWritable>{

   @Override
   public          RecordWriter<Text,          NullWritable>
getRecordWriter(TaskAttemptContext job)       throws
IOException, InterruptedException {

      // 创建一个 RecordWriter
      return new FilterRecordWriter(job);
   }
}
```

（4）编写 RecordWriter 类

```
package com.atguigu.mapreduce.outputformat;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.fs.FSDataOutputStream;
import org.apache.hadoop.fs.FileSystem;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.RecordWriter;
import org.apache.hadoop.mapreduce.TaskAttemptContext;

public class FilterRecordWriter extends RecordWriter<Text,
NullWritable> {

   FSDataOutputStream atguiguOut = null;
   FSDataOutputStream otherOut = null;
```

```
    public FilterRecordWriter(TaskAttemptContext job) {

        // 1 获取文件系统
        FileSystem fs;

        try {
            fs = FileSystem.get(job.getConfiguration());

            // 2 创建输出文件路径
            Path atguiguPath = new Path("e:/atguigu.log");
            Path otherPath = new Path("e:/other.log");

            // 3 创建输出流
            atguiguOut = fs.create(atguiguPath);
            otherOut = fs.create(otherPath);
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }

    @Override
    public void write(Text key, NullWritable value) throws
IOException, InterruptedException {

        // 判断是否包含“atguigu”输出到不同文件
        if (key.toString().contains("atguigu")) {
            atguiguOut.write(key.toString().getBytes());
        } else {
            otherOut.write(key.toString().getBytes());
        }
    }

    @Override
    public void close(TaskAttemptContext context) throws
IOException, InterruptedException {

        // 关闭资源
        IOUtils.closeStream(atguiguOut);
        IOUtils.closeStream(otherOut);    }
}
```

（5）编写 FilterDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.outputformat;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class FilterDriver {

    public static void main(String[] args) throws Exception {
```

```
        // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
args = new String[] { "e:/input/inputoutputformat",
"e:/output2" };

      Configuration conf = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(conf);

      job.setJarByClass(FilterDriver.class);
      job.setMapperClass(FilterMapper.class);
      job.setReducerClass(FilterReducer.class);

      job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
      job.setMapOutputValueClass(NullWritable.class);

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

      // 要将自定义的输出格式组件设置到 job 中
      job.setOutputFormatClass(FilterOutputFormat.class);

      FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));

      // 虽然我们自定义了 outputformat,但是因为我们的 outputformat
继承自 fileoutputformat
      // 而 fileoutputformat 要输出一个_SUCCESS 文件，所以，在这还
得指定一个输出目录
      FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

      boolean result = job.waitForCompletion(true);
      System.exit(result ? 0 : 1);
   }
}
```

3.7 Join 多种应用

3.7.1 Reduce Join

Reduce Join工作原理

Map端的主要工作：为来自不同表或文件的key/value对，打标签以区别不同来源的记录。然后用连接字段作为key，其余部分和新加的标志作为value，最后进行输出。

Reduce端的主要工作：在Reduce端以连接字段作为key的分组已经完成，我们只需要在每一个分组当中将那些来源于不同文件的记录(在Map阶段已经打标志)分开，最后进行合并就ok了。

3.7.2 Reduce Join 案例实操

1．需求


order.txt

表 4-4 订单数据表 t_order

id	pid	amount
1001	01	1
1002	02	2
1003	03	3
1004	01	4
1005	02	5
1006	03	6


pd.txt

表 4-5 商品信息表 t_product

pid	pname
01	小米
02	华为
03	格力

将商品信息表中数据根据商品 pid 合并到订单数据表中。

表 4-6 最终数据形式

id	pname	amount
1001	小米	1
1004	小米	4
1002	华为	2

1005	华为	5
1003	格力	3
1006	格力	6

2．需求分析

通过将关联条件作为 Map 输出的 key，将两表满足 Join 条件的数据并携带数据所来源的文件信息，发往同一个 ReduceTask，在 Reduce 中进行数据的串联，如图 4-20 所示。

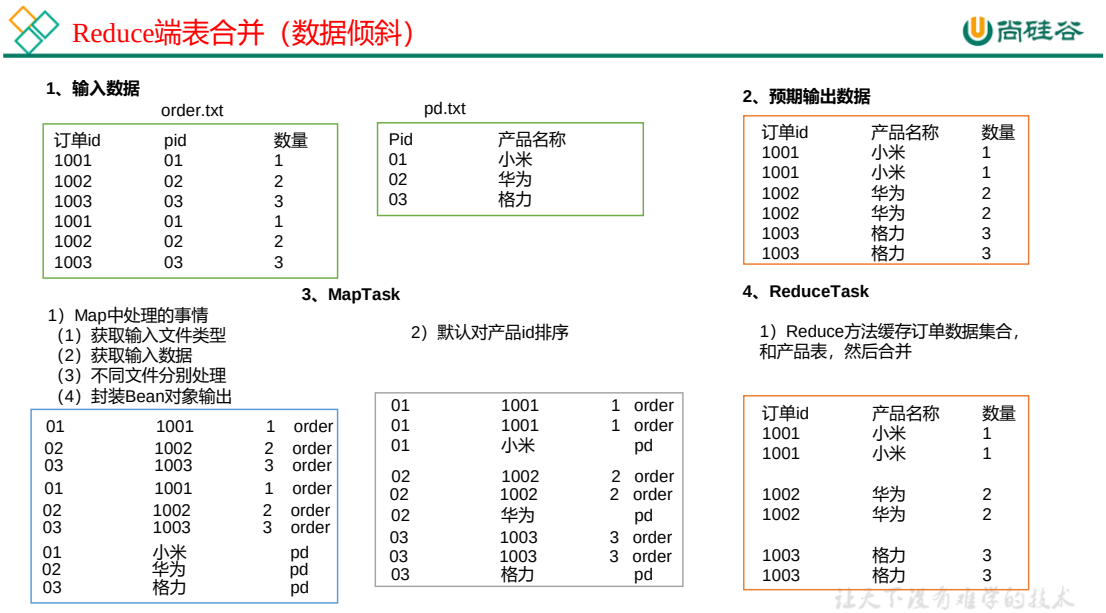


图 4-20 Reduce 端表合并

3．代码实现

1）创建商品和订合并后的 Bean 类

```
package com.atguigu.mapreduce.table;
import java.io.DataInput;
import java.io.DataOutput;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Writable;

public class TableBean implements Writable {

    private String order_id; // 订单 id
    private String p_id;     // 产品 id
    private int amount;      // 产品数量
    private String pname;    // 产品名称
    private String flag;     // 表的标记

    public TableBean() {
        super();
    }

    public TableBean(String order_id, String p_id, int amount,
String pname, String flag) {

        super();
```

```
        this.order_id = order_id;
        this.p_id = p_id;
        this.amount = amount;
        this.pname = pname;
        this.flag = flag;
    }

    public String getFlag() {
        return flag;
    }

    public void setFlag(String flag) {
        this.flag = flag;
    }

    public String getOrder_id() {
        return order_id;
    }

    public void setOrder_id(String order_id) {
        this.order_id = order_id;
    }

    public String getP_id() {
        return p_id;
    }

    public void setP_id(String p_id) {
        this.p_id = p_id;
    }

    public int getAmount() {
        return amount;
    }

    public void setAmount(int amount) {
        this.amount = amount;
    }

    public String getPname() {
        return pname;
    }

    public void setPname(String pname) {
        this.pname = pname;
    }

    @Override
    public void write(DataOutput out) throws IOException {
        out.writeUTF(order_id);
        out.writeUTF(p_id);
        out.writeInt(amount);
        out.writeUTF(pname);
        out.writeUTF(flag);
    }

    @Override
```

```
    public void readFields(DataInput in) throws IOException {
        this.order_id = in.readUTF();
        this.p_id = in.readUTF();
        this.amount = in.readInt();
        this.pname = in.readUTF();
        this.flag = in.readUTF();
    }

    @Override
    public String toString() {
        return order_id + "\t" + pname + "\t" + amount + "\t" ;
    }
}
```

2）编写 TableMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.table;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileSplit;

public class TableMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, TableBean>{

    String name;
    TableBean bean = new TableBean();
    Text k = new Text();

    @Override
    protected void setup(Context context) throws IOException,
InterruptedException {

        // 1 获取输入文件切片
        FileSplit split = (FileSplit) context.getInputSplit();

        // 2 获取输入文件名称
        name = split.getPath().getName();
    }

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取输入数据
        String line = value.toString();

        // 2 不同文件分别处理
        if (name.startsWith("order")) {// 订单表处理

            // 2.1 切割
            String[] fields = line.split("\t");

            // 2.2 封装 bean 对象
            bean.setOrder_id(fields[0]);
            bean.setP_id(fields[1]);
            bean.setAmount(Integer.parseInt(fields[2]));
```

```
            bean.setPname("");
            bean.setFlag("order");

            k.set(fields[1]);
        }else {// 产品表处理

            // 2.3 切割
            String[] fields = line.split("\t");

            // 2.4 封装 bean 对象
            bean.setP_id(fields[0]);
            bean.setPname(fields[1]);
            bean.setFlag("pd");
            bean.setAmount(0);
            bean.setOrder_id("");

            k.set(fields[0]);
        }

        // 3 写出
        context.write(k, bean);
    }
}
```

3）编写 TableReducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.table;
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;
import org.apache.commons.beanutils.BeanUtils;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class TableReducer extends Reducer<Text, TableBean,
TableBean, NullWritable> {

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<TableBean>
values, Context context) throws IOException,
InterruptedException {

        // 1 准备存储订单的集合
        ArrayList<TableBean> orderBeans = new ArrayList<>();

        // 2 准备 bean 对象
        TableBean pdBean = new TableBean();

        for (TableBean bean : values) {

            if ("order".equals(bean.getFlag())) {// 订单表

                // 拷贝传递过来的每条订单数据到集合中
                TableBean orderBean = new TableBean();

                try {
                    BeanUtils.copyProperties(orderBean, bean);
                } catch (Exception e) {
```

```
                e.printStackTrace();
            }

            orderBeans.add(orderBean);
        } else {// 产品表

            try {
                // 拷贝传递过来的产品表到内存中
                BeanUtils.copyProperties(pdBean, bean);
            } catch (Exception e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
    }

    // 3 表的拼接
    for(TableBean bean:orderBeans){

        bean.setPname (pdBean.getPname());

        // 4 数据写出去
        context.write(bean, NullWritable.get());
    }
  }
}
```

4）编写 TableDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.table;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class TableDriver {

   public static void main(String[] args) throws Exception {

       // 0 根据自己电脑路径重新配置
       args                          =                          new
String[]{"e:/input/inputtable","e:/output1"};

       // 1 获取配置信息，或者 job 对象实例
       Configuration configuration = new Configuration();
       Job job = Job.getInstance(configuration);

       // 2 指定本程序的 jar 包所在的本地路径
       job.setJarByClass(TableDriver.class);

       // 3 指定本业务 job 要使用的 Mapper/Reducer 业务类
       job.setMapperClass(TableMapper.class);
       job.setReducerClass(TableReducer.class);
```

```
        // 4 指定 Mapper 输出数据的 kv 类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(TableBean.class);

        // 5 指定最终输出的数据的 kv 类型
        job.setOutputKeyClass(TableBean.class);
        job.setOutputValueClass(NullWritable.class);

        // 6 指定 job 的输入原始文件所在目录
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 7 将 job 中配置的相关参数，以及 job 所用的 java 类所在的 jar
包， 提交给 yarn 去运行
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

4．测试

运行程序查看结果

```
1001    小米    1
1001    小米    1
1002    华为    2
1002    华为    2
1003    格力    3
1003    格力    3
```

5．总结

Reduce Join缺点及解决方案

缺点：这种方式中，合并的操作是在Reduce阶段完成，Reduce端的处理压力太大，Map节点的运算负载则很低，资源利用率不高，且在Reduce阶段极易产生数据倾斜。

解决方案：Map端实现数据合并

3.7.3 Map Join

1．使用场景

Map Join 适用于一张表十分小、一张表很大的场景。

2．优点

思考：在 Reduce 端处理过多的表，非常容易产生数据倾斜。怎么办？

在 Map 端缓存多张表，提前处理业务逻辑，这样增加 Map 端业务，减少 Reduce 端数据的压力，尽可能的减少数据倾斜。

3．具体办法：采用 DistributedCache

（1）在 Mapper 的 setup 阶段，将文件读取到缓存集合中。

（2）在驱动函数中加载缓存。

```
// 缓存普通文件到 Task 运行节点。
job.addCacheFile(new URI("file://e:/cache/pd.txt"));
```

3.7.4 Map Join 案例实操

1．需求


order.txt

表 4-4 订单数据表 t_order

id	pid	amount
1001	01	1
1002	02	2
1003	03	3
1004	01	4
1005	02	5
1006	03	6


pd.txt

表 4-5 商品信息表 t_product

pid	pname
01	小米
02	华为
03	格力

将商品信息表中数据根据商品 pid 合并到订单数据表中。

表 4-6 最终数据形式

id	pname	amount
1001	小米	1
1004	小米	4
1002	华为	2
1005	华为	5
1003	格力	3
1006	格力	6

2．需求分析

MapJoin 适用于关联表中有小表的情形。

1）DistributedCacheDriver 缓存文件

```
// 1 加载缓存数据
job.addCacheFile(new
URI("file:///e:/cache/pd.txt"));

//2  Map 端 join 的 逻 辑 不 需 要
Reduce阶段，设置ReduceTask数
量为0
job.setNumReduceTasks(0);
```

2）读取缓存的文件数据

setup()方法中

```
// 1 获取缓存的文件
// 2 循环读取缓存文件一行
// 3 切割
// 4 缓存数据到集合
// 5 关流
```

map方法中

```
// 1 获取一行
// 2 截取
// 3 获取订单id
// 4 获取商品名称
// 5 拼接
// 6 写出
```


图 4-21 Map 端表合并

3．实现代码

（1）先在驱动模块中添加缓存文件

```
package test;
import java.net.URI;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class DistributedCacheDriver {

    public static void main(String[] args) throws Exception {

        // 0 根据自己电脑路径重新配置
        args     =     new     String[]{"e:/input/inputtable2",
"e:/output1"};

        // 1 获取 job 信息
        Configuration configuration = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(configuration);

        // 2 设置加载 jar 包路径
        job.setJarByClass(DistributedCacheDriver.class);

        // 3 关联 map
        job.setMapperClass(DistributedCacheMapper.class);

        // 4 设置最终输出数据类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
```

```
        job.setOutputValueClass(NullWritable.class);

        // 5 设置输入输出路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 6 加载缓存数据
        job.addCacheFile(new
URI("file:///e:/input/inputcache/pd.txt"));

        //  7  Map 端 Join 的逻辑不需要 Reduce 阶段，设置 reduceTask 数
量为 0
        job.setNumReduceTasks(0);

        // 8 提交
        boolean result = job.waitForCompletion(true);
        System.exit(result ? 0 : 1);
    }
}
```

（2）读取缓存的文件数据

```
package test;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;
import org.apache.commons.lang.StringUtils;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public       class       DistributedCacheMapper       extends
Mapper<LongWritable, Text, Text, NullWritable>{

    Map<String, String> pdMap = new HashMap<>();

    @Override
    protected  void  setup(Mapper<LongWritable,  Text,  Text,
NullWritable>.Context     context)     throws     IOException,
InterruptedException {

        // 1 获取缓存的文件
        URI[] cacheFiles = context.getCacheFiles();
        String path = cacheFiles[0].getPath().toString();

        BufferedReader   reader   =   new   BufferedReader(new
InputStreamReader(new FileInputStream(path), "UTF-8"));

        String line;
        while(StringUtils.isNotEmpty(line                    =
reader.readLine())){

            // 2 切割
```

```
            String[] fields = line.split("\t");

            // 3 缓存数据到集合
            pdMap.put(fields[0], fields[1]);
        }

        // 4 关流
        reader.close();
    }

    Text k = new Text();

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 截取
        String[] fields = line.split("\t");

        // 3 获取产品 id
        String pId = fields[1];

        // 4 获取商品名称
        String pdName = pdMap.get(pId);

        // 5 拼接
        k.set(line + "\t"+ pdName);

        // 6 写出
        context.write(k, NullWritable.get());
    }
}
```

3.8 计数器应用

计数器应用

Hadoop为每个作业维护若干内置计数器，以描述多项指标。例如，某些计数器记录已处理的字节数和记录数，使用户可监控已处理的输入数据量和已产生的输出数据量。

1．计数器API

（1）采用枚举的方式统计计数

```
enum MyCounter{MALFORORMED,NORMAL}
//对枚举定义的自定义计数器加1
context.getCounter(MyCounter.MALFORORMED).increment(1);
```

（2）采用计数器组、计数器名称的方式统计

```
context.getCounter("counterGroup", "counter").increment(1);
```

组名和计数器名称随便起，但最好有意义。

（3）计数结果在程序运行后的控制台上查看。

2. 计数器案例实操 详见数据清洗案例。

3.9 数据清洗（ETL）

在运行核心业务 MapReduce 程序之前，往往要先对数据进行清洗，清理掉不符合用户要求的数据。清理的过程往往只需要运行 Mapper 程序，不需要运行 Reduce 程序。

3.9.1 数据清洗案例实操-简单解析版

1．需求

去除日志中字段长度小于等于 11 的日志。

（1）输入数据

web.log

（2）期望输出数据

每行字段长度都大于 11。

2．需求分析

需要在 Map 阶段对输入的数据根据规则进行过滤清洗。

3．实现代码

（1）编写 LogMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.weblog;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
```

```
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class LogMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, NullWritable>{

   Text k = new Text();

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      // 1 获取 1 行数据
      String line = value.toString();

      // 2 解析日志
      boolean result = parseLog(line,context);

      // 3 日志不合法退出
      if (!result) {
         return;
      }

      // 4 设置 key
      k.set(line);

      // 5 写出数据
      context.write(k, NullWritable.get());
   }

   // 2 解析日志
   private boolean parseLog(String line, Context context) {

      // 1 截取
      String[] fields = line.split(" ");

      // 2 日志长度大于 11 的为合法
      if (fields.length > 11) {

         // 系统计数器
         context.getCounter("map", "true").increment(1);
         return true;
      }else {
         context.getCounter("map", "false").increment(1);
         return false;
      }
   }
}
```

（2）编写 LogDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.weblog;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
```

```
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class LogDriver {

   public static void main(String[] args) throws Exception {

       // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
        args    =    new    String[]    {    "e:/input/inputlog",
"e:/output1" };

       // 1 获取 job 信息
       Configuration conf = new Configuration();
       Job job = Job.getInstance(conf);

       // 2 加载 jar 包
       job.setJarByClass(LogDriver.class);

       // 3 关联 map
       job.setMapperClass(LogMapper.class);

       // 4 设置最终输出类型
       job.setOutputKeyClass(Text.class);
       job.setOutputValueClass(NullWritable.class);

       // 设置 reducetask 个数为 0
       job.setNumReduceTasks(0);

       // 5 设置输入和输出路径
       FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
       FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

       // 6 提交
       job.waitForCompletion(true);
   }
}
```

3.9.2 数据清洗案例实操-复杂解析版

1. 需求

对 Web 访问日志中的各字段识别切分，去除日志中不合法的记录。根据清洗规则，输出过滤后的数据。

（1）输入数据

web.log

（2）期望输出数据

都是合法的数据

2．实现代码

（1）定义一个 bean，用来记录日志数据中的各数据字段

```
package com.atguigu.mapreduce.log;

public class LogBean {
   private String remote_addr;// 记录客户端的 ip 地址
   private String remote_user;// 记录客户端用户名称,忽略属性"-"
   private String time_local;// 记录访问时间与时区
   private String request;// 记录请求的 url 与 http 协议
   private String status;// 记录请求状态；成功是 200
   private String body_bytes_sent;// 记录发送给客户端文件主体内容
大小
   private String http_referer;// 用来记录从那个页面链接访问过来
的
   private String http_user_agent;// 记录客户浏览器的相关信息

   private boolean valid = true;// 判断数据是否合法

   public String getRemote_addr() {
      return remote_addr;
   }

   public void setRemote_addr(String remote_addr) {
      this.remote_addr = remote_addr;
   }

   public String getRemote_user() {
      return remote_user;
   }

   public void setRemote_user(String remote_user) {
      this.remote_user = remote_user;
   }

   public String getTime_local() {
      return time_local;
   }

   public void setTime_local(String time_local) {
      this.time_local = time_local;
   }

   public String getRequest() {
      return request;
   }

   public void setRequest(String request) {
      this.request = request;
   }

   public String getStatus() {
      return status;
   }

   public void setStatus(String status) {
```

```
        this.status = status;
    }

    public String getBody_bytes_sent() {
        return body_bytes_sent;
    }

    public void setBody_bytes_sent(String body_bytes_sent) {
        this.body_bytes_sent = body_bytes_sent;
    }

    public String getHttp_referer() {
        return http_referer;
    }

    public void setHttp_referer(String http_referer) {
        this.http_referer = http_referer;
    }

    public String getHttp_user_agent() {
        return http_user_agent;
    }

    public void setHttp_user_agent(String http_user_agent) {
        this.http_user_agent = http_user_agent;
    }

    public boolean isValid() {
        return valid;
    }

    public void setValid(boolean valid) {
        this.valid = valid;
    }

    @Override
    public String toString() {

        StringBuilder sb = new StringBuilder();
        sb.append(this.valid);
        sb.append("\001").append(this.remote_addr);
        sb.append("\001").append(this.remote_user);
        sb.append("\001").append(this.time_local);
        sb.append("\001").append(this.request);
        sb.append("\001").append(this.status);
        sb.append("\001").append(this.body_bytes_sent);
        sb.append("\001").append(this.http_referer);
        sb.append("\001").append(this.http_user_agent);

        return sb.toString();
    }
}
```

（2）编写 LogMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.log;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
```

```
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class LogMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, NullWritable>{
   Text k = new Text();

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      // 1 获取 1 行
      String line = value.toString();

      // 2 解析日志是否合法
      LogBean bean = parseLog(line);

      if (!bean.isValid()) {
         return;
      }

      k.set(bean.toString());

      // 3 输出
      context.write(k, NullWritable.get());
   }

   // 解析日志
   private LogBean parseLog(String line) {

      LogBean logBean = new LogBean();

      // 1 截取
      String[] fields = line.split(" ");

      if (fields.length > 11) {

         // 2 封装数据
         logBean.setRemote_addr(fields[0]);
         logBean.setRemote_user(fields[1]);
         logBean.setTime_local(fields[3].substring(1));
         logBean.setRequest(fields[6]);
         logBean.setStatus(fields[8]);
         logBean.setBody_bytes_sent(fields[9]);
         logBean.setHttp_referer(fields[10]);

         if (fields.length > 12) {
            logBean.setHttp_user_agent(fields[11]  +  "  "+
fields[12]);
         }else {
            logBean.setHttp_user_agent(fields[11]);
         }

         // 大于 400，HTTP 错误
         if  (Integer.parseInt(logBean.getStatus())  >=  400)
{
            logBean.setValid(false);
```

```
            }
        }else {
            logBean.setValid(false);
        }

        return logBean;
    }
}
```

（3）编写 LogDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.log;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class LogDriver {
    public static void main(String[] args) throws Exception {

        // 1 获取 job 信息
        Configuration conf = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(conf);

        // 2 加载 jar 包
        job.setJarByClass(LogDriver.class);

        // 3 关联 map
        job.setMapperClass(LogMapper.class);

        // 4 设置最终输出类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(NullWritable.class);

        // 5 设置输入和输出路径
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 6 提交
        job.waitForCompletion(true);
    }
}
```

3.10 MapReduce 开发总结

在编写 MapReduce 程序时，需要考虑如下几个方面：

MapReduce开发总结

1．输入数据接口：InputFormat

（1）默认使用的实现类是：TextInputFormat

（2）TextInputFormat的功能逻辑是：一次读一行文本，然后将该行的起始偏移量作为key，行内容作为value返回。

（3）KeyValueTextInputFormat每一行均为一条记录，被分隔符分割为key，value。默认分隔符是tab（\t）。

（4）NlineInputFormat按照指定的行数N来划分切片。

（5）CombineTextInputFormat可以把多个小文件合并成一个切片处理，提高处理效率。

（6）用户还可以自定义InputFormat。

MapReduce开发总结

2．逻辑处理接口：Mapper

用户根据业务需求实现其中三个方法：map() setup() cleanup ()

3．Partitioner分区

（1）有默认实现 HashPartitioner，逻辑是根据key的哈希值和numReduces来返回一个分区号；key.hashCode()&Integer.MAXVALUE % numReduces

（2）如果业务上有特别的需求，可以自定义分区。

让天下没有难学的技术

4．Comparable排序

（1）当我们用自定义的对象作为key来输出时，就必须要实现WritableComparable接口，重写其中的compareTo()方法。

（2）部分排序：对最终输出的每一个文件进行内部排序。

（3）全排序：对所有数据进行排序，通常只有一个Reduce。

（4）二次排序：排序的条件有两个。

5．Combiner合并

Combiner合并可以提高程序执行效率，减少IO传输。但是使用时必须不能影响原有的业务处理结果。

MapReduce开发总结

6．Reduce端分组：GroupingComparator

在Reduce端对key进行分组。应用于：在接收的key为bean对象时，想让一个或几个字段相同（全部字段比较不相同）的key进入到同一个reduce方法时，可以采用分组排序。

7．逻辑处理接口：Reducer

用户根据业务需求实现其中三个方法：reduce()　setup()　cleanup ()

MapReduce开发总结

8．输出数据接口：OutputFormat

（1）默认实现类是TextOutputFormat，功能逻辑是：将每一个KV对，向目标文本文件输出一行。

（2）将SequenceFileOutputFormat输出作为后续 MapReduce任务的输入，这便是一种好的输出格式，因为它的格式紧凑，很容易被压缩。

（3）用户还可以自定义OutputFormat。

第 4 章 Hadoop 数据压缩

4.1 概述

压缩概述

压缩技术能够有效减少底层存储系统（HDFS）读写字节数。压缩提高了网络带宽和磁盘空间的效率。在运行MR程序时，I/O操作、网络数据传输、 Shuffle和Merge要花大量的时间，尤其是数据规模很大和工作负载密集的情况下，因此，使用数据压缩显得非常重要。

鉴于磁盘I/O和网络带宽是Hadoop的宝贵资源，数据压缩对于节省资源、最小化磁盘I/O和网络传输非常有帮助。可以在任意MapReduce阶段启用压缩。不过，尽管压缩与解压操作的CPU开销不高，其性能的提升和资源的节省并非没有代价。

压缩是提高Hadoop运行效率的一种**优化策略。**

通过对Mapper、Reducer运行过程的数据进行压缩，以减少磁盘IO，提高MR程序运行速度。

注意：采用压缩技术减少了磁盘IO，但同时增加了CPU运算负担。所以，压缩特性运用得当能提高性能，但运用不当也可能降低性能。

压缩基本原则：

（1）运算密集型的job，少用压缩

（2）IO密集型的job，多用压缩

4.2 MR 支持的压缩编码

表 4-7

压缩格式	hadoop 自带？	算法	文件扩展名	是否可切分	换成压缩格式后，原来的程序是否需要修改
DEFLATE	是，直接使用	DEFLATE	.deflate	否	和文本处理一样，不需要修改
Gzip	是，直接使用	DEFLATE	.gz	否	和文本处理一样，不需要修改
bzip2	是，直接使用	bzip2	.bz2	是	和文本处理一样，不需要修改
LZO	否，需要安装	LZO	.lzo	是	需要建索引，还需要指定输入格式
Snappy	否，需要安装	Snappy	.snappy	否	和文本处理一样，不需要修改

为了支持多种压缩/解压缩算法，Hadoop 引入了编码/解码器，如下表所示。

表 4-8

压缩格式	对应的编码/解码器
DEFLATE	org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec
gzip	org.apache.hadoop.io.compress.GzipCodec
bzip2	org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Codec
LZO	com.hadoop.compression.lzo.LzopCodec
Snappy	org.apache.hadoop.io.compress.SnappyCodec

压缩性能的比较

表 4-9

压缩算法	原始文件大小	压缩文件大小	压缩速度	解压速度
gzip	8.3GB	1.8GB	17.5MB/s	58MB/s

bzip2	8.3GB	1.1GB	2.4MB/s	9.5MB/s
LZO	8.3GB	2.9GB	49.3MB/s	74.6MB/s

http://google.github.io/snappy/

On a single core of a Core i7 processor in 64-bit mode, Snappy compresses at about 250 MB/sec or more and decompresses at about 500 MB/sec or more.

4.3 压缩方式选择

4.3.1 Gzip 压缩

Gzip压缩

尚硅谷

优点：压缩率比较高，而且压缩/解压速度也比较快；Hadoop本身支持，在应用中处理Gzip格式的文件就和直接处理文本一样；大部分Linux系统都自带Gzip命令，使用方便。

缺点：不支持Split。

应用场景：当每个文件压缩之后在130M以内的（1个块大小内），都可以考虑用Gzip压缩格式。例如说一天或者一个小时的日志压缩成一个Gzip文件。

4.3.2 Bzip2 压缩

Bzip2压缩

尚硅谷

优点：支持Split；具有很高的压缩率，比Gzip压缩率都高；Hadoop本身自带，使用方便。

缺点：压缩/解压速度慢。

应用场景：适合对速度要求不高，但需要较高的压缩率的时候；或者输出之后的数据比较大，处理之后的数据需要压缩存档减少磁盘空间并且以后数据用得比较少的情况；或者对单个很大的文本文件想压缩减少存储空间，同时又需要支持Split，而且兼容之前的应用程序的情况。

4.3.3 Lzo 压缩

Lzo压缩

优点：压缩/解压速度也比较快，合理的压缩率；支持Split，是Hadoop中最流行的压缩格式；可以在Linux系统下安装lzop命令，使用方便。

缺点：压缩率比Gzip要低一些；Hadoop本身不支持，需要安装；在应用中对Lzo格式的文件需要做一些特殊处理（为了支持Split需要建索引，还需要指定InputFormat为Lzo格式）。

应用场景：一个很大的文本文件，压缩之后还大于200M以上的可以考虑，而且单个文件越大，Lzo优点越越明显。

4.3.4 Snappy 压缩

Snappy压缩

优点：高速压缩速度和合理的压缩率。

缺点：不支持Split；压缩率比Gzip要低；Hadoop本身不支持，需要安装。

应用场景：当MapReduce作业的Map输出的数据比较大的时候，作为Map到Reduce的中间数据的压缩格式；或者作为一个MapReduce作业的输出和另外一个MapReduce作业的输入。

4.4 压缩位置选择

压缩可以在 MapReduce 作用的任意阶段启用，如图 4-22 所示。

MapReduce数据压缩

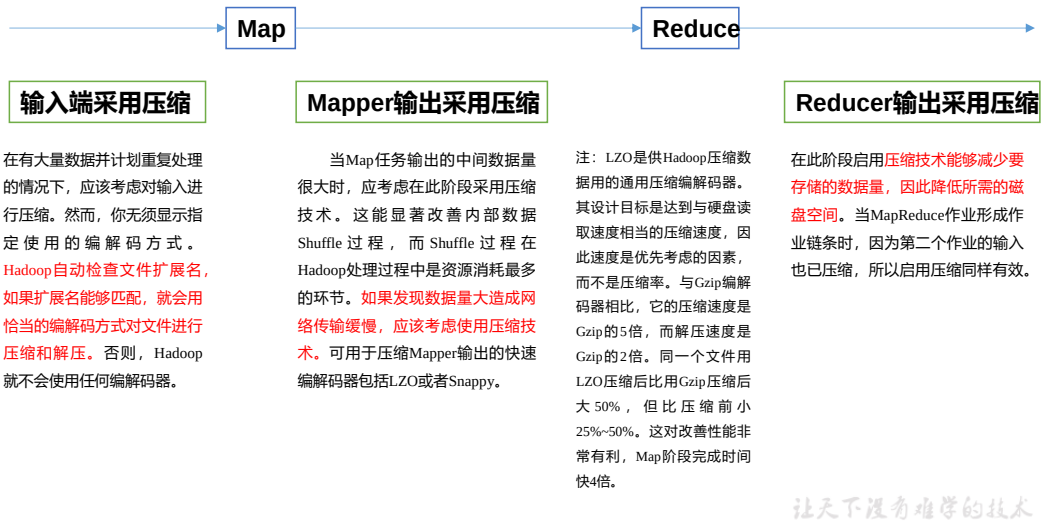


图 4-22 MapReduce 数据压缩

4.5 压缩参数配置

要在 Hadoop 中启用压缩，可以配置如下参数：

表 4-10 配置参数

参数	默认值	阶段	建议
io.compression.codecs（在 core-site.xml 中配置）	org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec, org.apache.hadoop.io.compress.GzipCodec, org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Codec	输入压缩	Hadoop 使用文件扩展名判断是否支持某种编解码器
mapreduce.map.output.compress（在 mapred-site.xml 中配置）	false	mapper 输出	这个参数设为 true 启用压缩
mapreduce.map.output.compress.codec（在 mapred-site.xml 中配置）	org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec	mapper 输出	企业多使用 LZO 或 Snappy 编解码器在此阶段压缩数据
mapreduce.output.fileoutp	false	reducer 输出	这个参

utformat.compress（在 mapred-site.xml 中配置）			数设为 true 启用压缩
mapreduce.output.fileoutputformat.compress.codec（在 mapred-site.xml 中配置）	org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec	reducer 输出	使用标准工具或者编解码器，如 gzip 和 bzip2
mapreduce.output.fileoutputformat.compress.type（在 mapred-site.xml 中配置）	RECORD	reducer 输出	SequenceFile 输出使用的压缩类型：NONE 和 BLOCK

4.6 压缩实操案例

4.6.1 数据流的压缩和解压缩

数据流的压缩和解压缩

尚硅谷

CompressionCodec有两个方法可以用于轻松地压缩或解压缩数据。

要想对正在被写入一个输出流的数据进行压缩，我们可以使用createOutputStream(OutputStreamout)方法创建一个CompressionOutputStream，将其以压缩格式写入底层的流。

相反，要想对从输入流读取而来的数据进行解压缩，则调用createInputStream(InputStreamin)函数，从而获得一个CompressionInputStream，从而从底层的流读取未压缩的数据。

测试一下如下压缩方式：

表 4-11

DEFLATE	org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec
gzip	org.apache.hadoop.io.compress.GzipCodec

bzip2	org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Codec

```
package com.atguigu.mapreduce.compress;
import java.io.File;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IOUtils;
import org.apache.hadoop.io.compress.CompressionCodec;
import org.apache.hadoop.io.compress.CompressionCodecFactory;
import org.apache.hadoop.io.compress.CompressionInputStream;
import org.apache.hadoop.io.compress.CompressionOutputStream;
import org.apache.hadoop.util.ReflectionUtils;

public class TestCompress {

    public static void main(String[] args) throws Exception {

    compress("e:/hello.txt","org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Co
dec");
//     decompress("e:/hello.txt.bz2");
    }

    // 1、压缩
    private static void compress(String filename, String method)
throws Exception {

        // （1）获取输入流
        FileInputStream     fis     =     new     FileInputStream(new
File(filename));

        Class codecClass = Class.forName(method);

        CompressionCodec       codec       =       (CompressionCodec)
ReflectionUtils.newInstance(codecClass, new Configuration());

        // （2）获取输出流
        FileOutputStream     fos     =     new     FileOutputStream(new
File(filename + codec.getDefaultExtension()));
      CompressionOutputStream cos = codec.createOutputStream(fos);

        // （3）流的对拷
        IOUtils.copyBytes(fis, cos, 1024*1024*5, false);

        // （4）关闭资源
        cos.close();
        fos.close();
        fis.close();
    }

    // 2、解压缩
    private   static   void   decompress(String   filename)   throws
FileNotFoundException, IOException {
```

```
        // （0）校验是否能解压缩
        CompressionCodecFactory factory = new
CompressionCodecFactory(new Configuration());

        CompressionCodec codec = factory.getCodec(new
Path(filename));

        if (codec == null) {
            System.out.println("cannot find codec for file " +
filename);
            return;
        }

        // （1）获取输入流
        CompressionInputStream cis = codec.createInputStream(new
FileInputStream(new File(filename)));

        // （2）获取输出流
        FileOutputStream fos = new FileOutputStream(new
File(filename + ".decoded"));

        // （3）流的对拷
        IOUtils.copyBytes(cis, fos, 1024*1024*5, false);

        // （4）关闭资源
        cis.close();
        fos.close();
    }
}
```

4.6.2 Map 输出端采用压缩

即使你的 MapReduce 的输入输出文件都是未压缩的文件，你仍然可以对 Map 任务的中间结果输出做压缩，因为它要写在硬盘并且通过网络传输到 Reduce 节点，对其压缩可以提高很多性能，这些工作只要设置两个属性即可，我们来看下代码怎么设置。

1．给大家提供的 Hadoop 源码支持的压缩格式有：BZip2Codec 、DefaultCodec

```
package com.atguigu.mapreduce.compress;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Codec;
import org.apache.hadoop.io.compress.CompressionCodec;
import org.apache.hadoop.io.compress.GzipCodec;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class WordCountDriver {

    public static void main(String[] args) throws IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {
```

```
        Configuration configuration = new Configuration();

        // 开启 map 端输出压缩
    configuration.setBoolean("mapreduce.map.output.compress",
true);
        // 设置 map 端输出压缩方式
    configuration.setClass("mapreduce.map.output.compress.codec"
, BZip2Codec.class, CompressionCodec.class);

        Job job = Job.getInstance(configuration);

        job.setJarByClass(WordCountDriver.class);

        job.setMapperClass(WordCountMapper.class);
        job.setReducerClass(WordCountReducer.class);

        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(IntWritable.class);

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

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

        boolean result = job.waitForCompletion(true);

        System.exit(result ? 1 : 0);
    }
}
```

2．Mapper 保持不变

```
package com.atguigu.mapreduce.compress;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class WordCountMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, IntWritable>{

    Text k = new Text();
    IntWritable v = new IntWritable(1);

    @Override
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context)throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取一行
        String line = value.toString();

        // 2 切割
        String[] words = line.split(" ");

        // 3 循环写出
        for(String word:words){
```

```
            k.set(word);
            context.write(k, v);
        }
    }
}
```

3．Reducer 保持不变

```
package com.atguigu.mapreduce.compress;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class WordCountReducer extends Reducer<Text, IntWritable,
Text, IntWritable>{

    IntWritable v = new IntWritable();

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values,
            Context       context)       throws       IOException,
InterruptedException {

        int sum = 0;

        // 1 汇总
        for(IntWritable value:values){
            sum += value.get();
        }

        v.set(sum);

        // 2 输出
        context.write(key, v);
    }
}
```

4.6.3 Reduce 输出端采用压缩

基于 WordCount 案例处理。

1．修改驱动

```
package com.atguigu.mapreduce.compress;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.io.compress.BZip2Codec;
import org.apache.hadoop.io.compress.DefaultCodec;
import org.apache.hadoop.io.compress.GzipCodec;
import org.apache.hadoop.io.compress.Lz4Codec;
import org.apache.hadoop.io.compress.SnappyCodec;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;
```

```
public class WordCountDriver {

    public static void main(String[] args) throws IOException,
ClassNotFoundException, InterruptedException {

        Configuration configuration = new Configuration();

        Job job = Job.getInstance(configuration);

        job.setJarByClass(WordCountDriver.class);

        job.setMapperClass(WordCountMapper.class);
        job.setReducerClass(WordCountReducer.class);

        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(IntWritable.class);

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

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

        // 设置 reduce 端输出压缩开启
        FileOutputFormat.setCompressOutput(job, true);

        // 设置压缩的方式
        FileOutputFormat.setOutputCompressorClass(job,
BZip2Codec.class);
//      FileOutputFormat.setOutputCompressorClass(job,
GzipCodec.class);
//      FileOutputFormat.setOutputCompressorClass(job,
DefaultCodec.class);

        boolean result = job.waitForCompletion(true);

        System.exit(result?1:0);
    }
}
```

2．Mapper 和 Reducer 保持不变（详见 4.6.2）

第 5 章 Yarn 资源调度器

Yarn 是一个资源调度平台，负责为运算程序提供服务器运算资源，相当于一个分布式的操作系统平台，而 MapReduce 等运算程序则相当于运行于操作系统之上的应用程序。

5.1 Yarn 基本架构

YARN 主要由 ResourceManager、NodeManager、ApplicationMaster 和 Container 等组件构成，如图 4-23 所示。

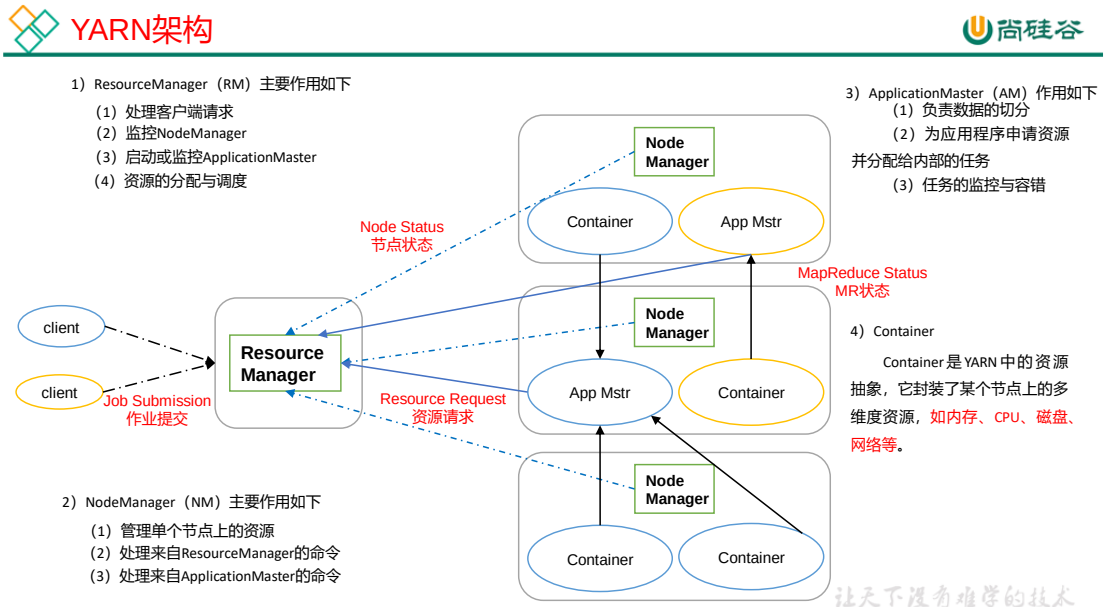


图 4-23 Yarn 基本架构

5.3 Yarn 工作机制

1．Yarn 运行机制，如图 4-24 所示。

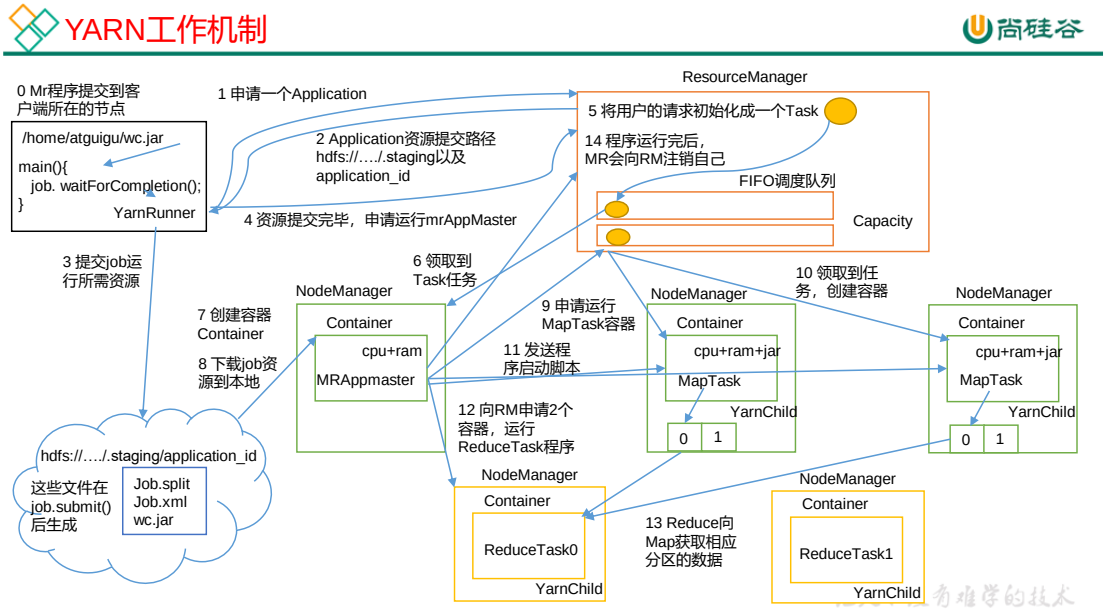


图 4-24　Yarn 工作机制

2．工作机制详解

（1）MR 程序提交到客户端所在的节点。

（2）YarnRunner 向 ResourceManager 申请一个 Application。

（3）RM 将该应用程序的资源路径返回给 YarnRunner。

（4）该程序将运行所需资源提交到 HDFS 上。

（5）程序资源提交完毕后，申请运行 mrAppMaster。

（6）RM 将用户的请求初始化成一个 Task。

（7）其中一个 NodeManager 领取到 Task 任务。

（8）该 NodeManager 创建容器 Container，并产生 MRAppmaster。

（9）Container 从 HDFS 上拷贝资源到本地。

（10）MRAppmaster 向 RM 申请运行 MapTask 资源。

（11）RM 将运行 MapTask 任务分配给另外两个 NodeManager，另两个 NodeManager 分别领取任务并创建容器。

（12）MR 向两个接收到任务的 NodeManager 发送程序启动脚本，这两个 NodeManager 分别启动 MapTask，MapTask 对数据分区排序。

（13）MrAppMaster 等待所有 MapTask 运行完毕后，向 RM 申请容器，运行 ReduceTask。

（14）ReduceTask 向 MapTask 获取相应分区的数据。

（15）程序运行完毕后，MR 会向 RM 申请注销自己。

5.4 作业提交全过程

1．作业提交过程之 YARN，如图 4-25 所示。

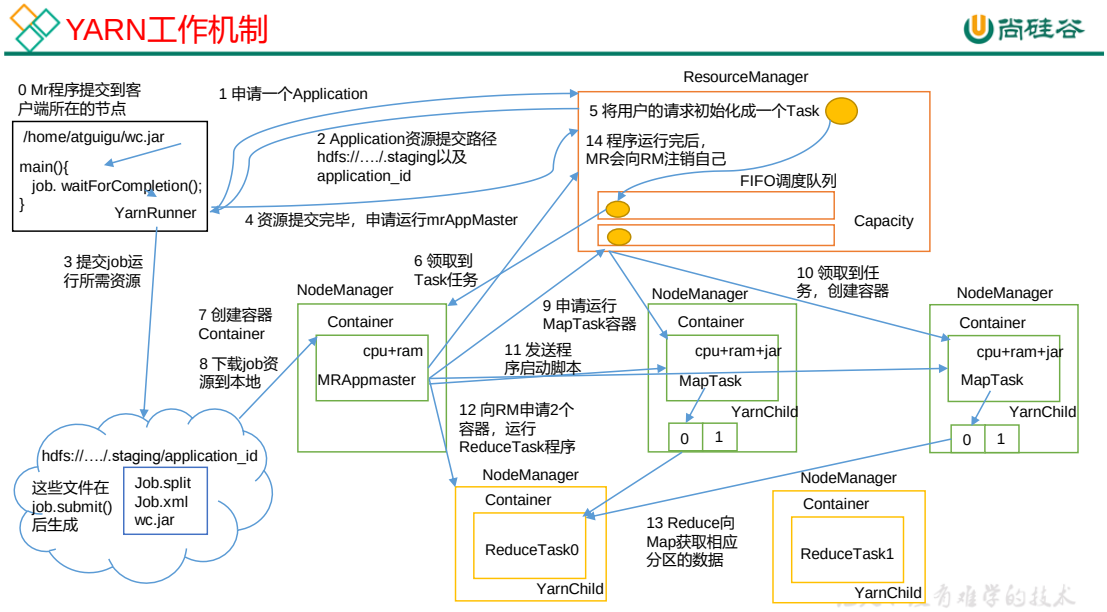


图 4-25 作业提交过程之 Yarn

作业提交全过程详解

（1）作业提交

第 1 步：Client 调用 job.waitForCompletion 方法，向整个集群提交 MapReduce 作业。

第 2 步：Client 向 RM 申请一个作业 id。

第 3 步：RM 给 Client 返回该 job 资源的提交路径和作业 id。

第 4 步：Client 提交 jar 包、切片信息和配置文件到指定的资源提交路径。

第 5 步：Client 提交完资源后，向 RM 申请运行 MrAppMaster。

（2）作业初始化

第 6 步：当 RM 收到 Client 的请求后，将该 job 添加到容量调度器中。

第 7 步：某一个空闲的 NM 领取到该 Job。

第 8 步：该 NM 创建 Container，并产生 MRAppmaster。

第 9 步：下载 Client 提交的资源到本地。

（3）任务分配

第 10 步：MrAppMaster 向 RM 申请运行多个 MapTask 任务资源。

第 11 步：RM 将运行 MapTask 任务分配给另外两个 NodeManager，另两个 NodeManager 分别领取任务并创建容器。

（4）任务运行

第 12 步：MR 向两个接收到任务的 NodeManager 发送程序启动脚本，这两个 NodeManager 分别启动 MapTask，MapTask 对数据分区排序。

第 13 步：MrAppMaster 等待所有 MapTask 运行完毕后，向 RM 申请容器，运行 ReduceTask。

第 14 步：ReduceTask 向 MapTask 获取相应分区的数据。

第 15 步：程序运行完毕后，MR 会向 RM 申请注销自己。

（5）进度和状态更新

YARN 中的任务将其进度和状态(包括 counter)返回给应用管理器，客户端每秒(通过 mapreduce.client.progressmonitor.pollinterval 设置)向应用管理器请求进度更新，展示给用户。

（6）作业完成

除了向应用管理器请求作业进度外，客户端每 5 秒都会通过调用 waitForCompletion()来检查作业是否完成。时间间隔可以通过 mapreduce.client.completion.pollinterval 来设置。作业完成之后，应用管理器和 Container 会清理工作状态。作业的信息会被作业历史服务器存储以备之后用户核查。

2．作业提交过程之 MapReduce，如图 4-26 所示

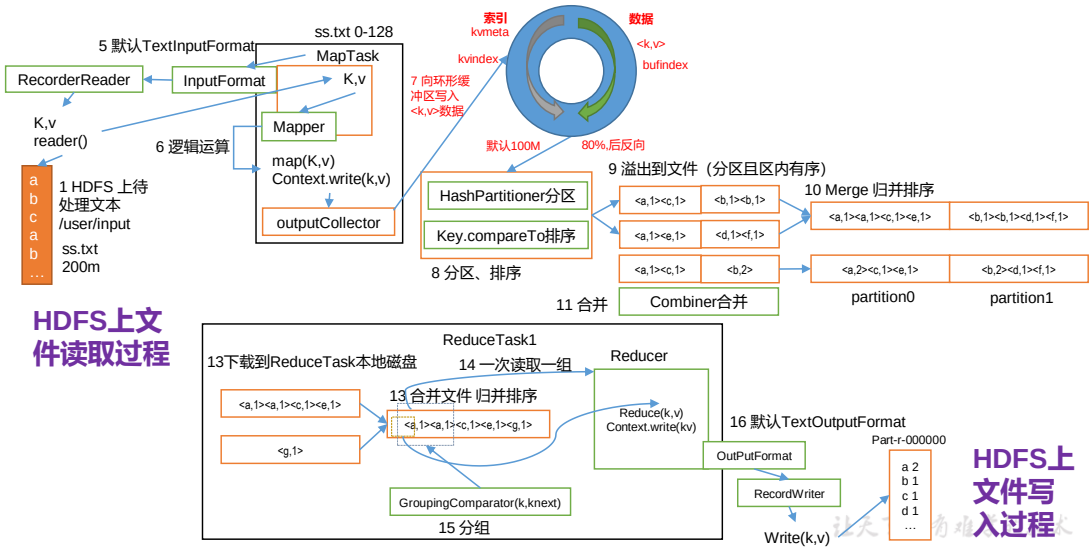


图 4-26 作业提交过程之 MapReduce

5.5 资源调度器

目前，Hadoop 作业调度器主要有三种：FIFO、Capacity Scheduler 和 Fair Scheduler。Hadoop2.7.2 默认的资源调度器是 Capacity Scheduler。

具体设置详见：yarn-default.xml 文件

```
<property>
    <description>The class to use as the resource scheduler.</description>
    <name>yarn.resourcemanager.scheduler.class</name>
<value>org.apache.hadoop.yarn.server.resourcemanager.scheduler.capacity.CapacityScheduler</value>
</property>
```

1．先进先出调度器（FIFO），如图 4-27 所示

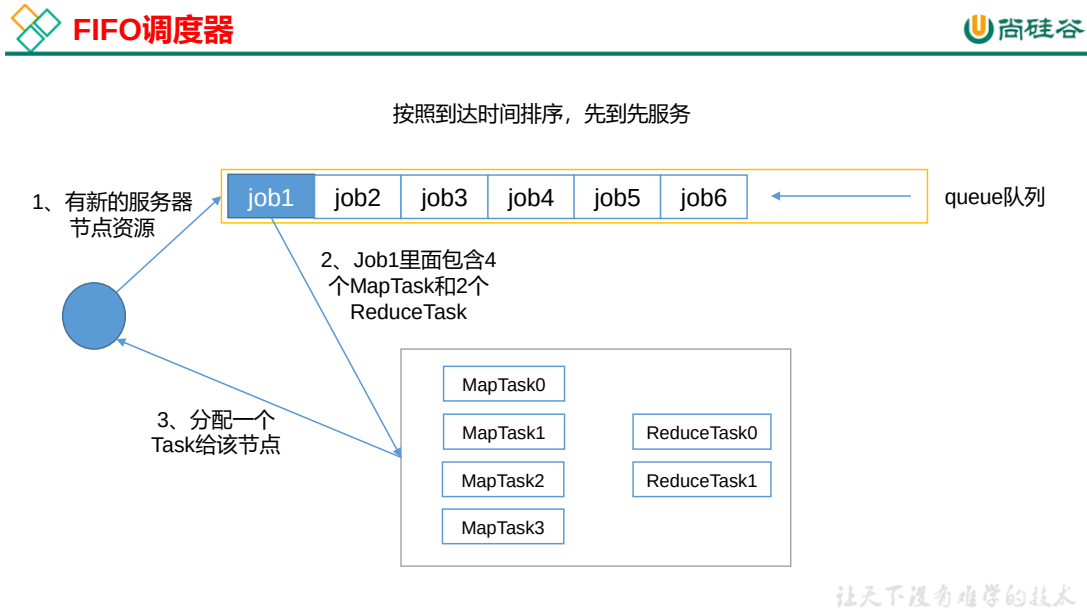


图 4-27 FIFO 调度器

2．容量调度器（Capacity Scheduler），如图 4-28 所示

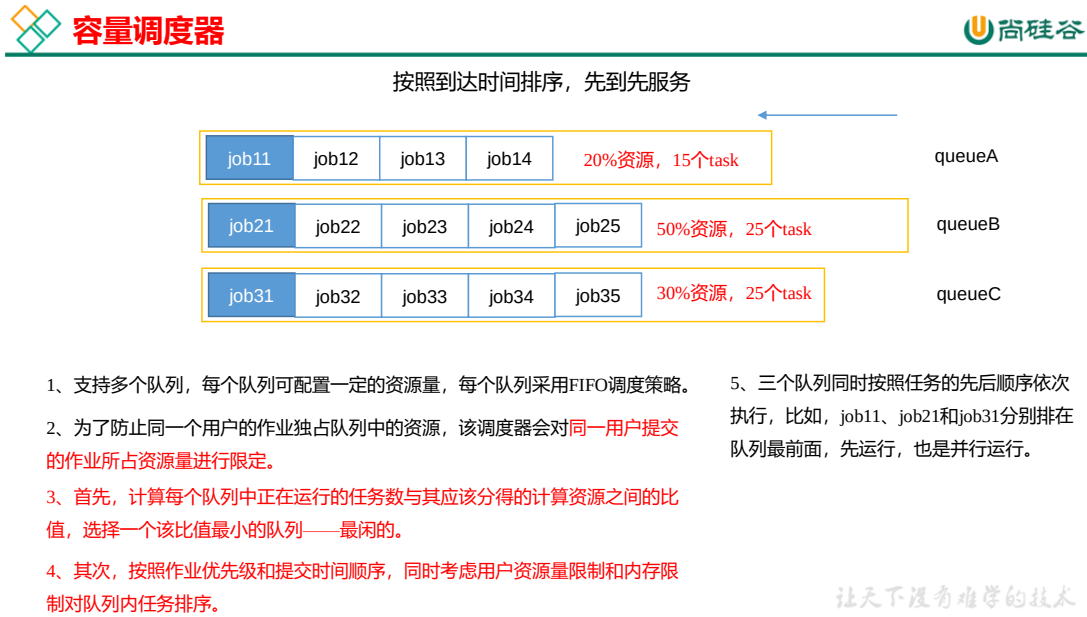


图 4-28 容量调度器

3．公平调度器（Fair Scheduler），如图 4-29 所示

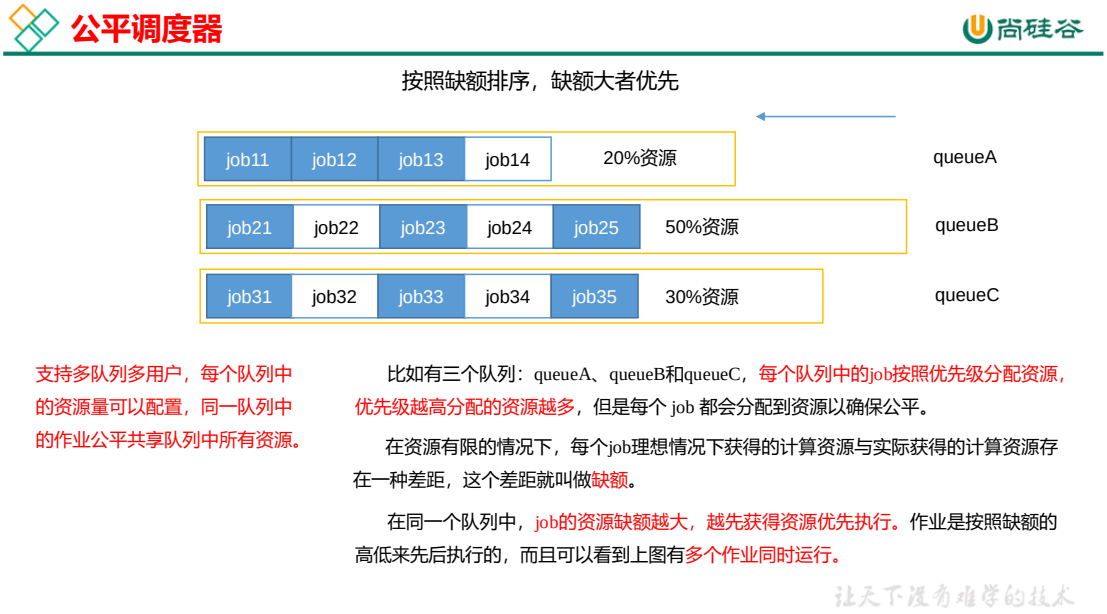


图 4-29 公平调度器

5.6 任务的推测执行

1．作业完成时间取决于最慢的任务完成时间

一个作业由若干个 Map 任务和 Reduce 任务构成。因硬件老化、软件 Bug 等，某些任务可能运行非常慢。

思考：系统中有 99%的 Map 任务都完成了，只有少数几个 Map 老是进度很慢，完不成，怎么办？

2．推测执行机制

发现拖后腿的任务，比如某个任务运行速度远慢于任务平均速度。为拖后腿任务启动一个备份任务，同时运行。谁先运行完，则采用谁的结果。

3．执行推测任务的前提条件

（1）每个 Task 只能有一个备份任务

（2）当前 Job 已完成的 Task 必须不小于 0.05（5%）

（3）开启推测执行参数设置。mapred-site.xml 文件中默认是打开的。

```
<property>
    <name>mapreduce.map.speculative</name>
    <value>true</value>
    <description>If true, then multiple instances of some map
tasks may be executed in parallel.</description>
</property>

<property>
    <name>mapreduce.reduce.speculative</name>
```

```
    <value>true</value>
    <description>If true, then multiple instances of some reduce
tasks may be executed in parallel.</description>
</property>
```

4．不能启用推测执行机制情况

（1）任务间存在严重的负载倾斜；

（2）特殊任务，比如任务向数据库中写数据。

5．算法原理，如图 4-20 所示

推测执行算法原理

尚硅谷

假设某一时刻，任务T的执行进度为progress，则可通过一定的算法推测出该任务的最终完成时刻estimateEndTime。另一方面，如果此刻为该任务启动一个备份任务，则可推断出它可能的完成时刻estimateEndTime`,于是可得出以下几个公式：

estimatedRunTime = (currentTimestamp - taskStartTime) / progress

推测运行时间（60s） = (当前时刻（6） - 任务启动时刻（0）) / 任务运行比例（10%）

estimateEndTime = estimatedRunTime + taskStartTime

推测执行完时刻 60 = 推测运行时间（60s） + 任务启动时刻（0）

estimateEndTime` = currentTimestamp + averageRunTime

备份任务推测完成时刻（16） = 当前时刻（6） + 运行完成任务的平均时间（10s）

1）MR总是选择（estimateEndTime- estimateEndTime `）差值最大的任务，并为之启动备份任务。

2）为了防止大量任务同时启动备份任务造成的资源浪费，MR为每个作业设置了同时启动的备份任务数目上限。

3）推测执行机制实际上采用了经典的优化算法：以空间换时间，它同时启动多个相同任务处理相同的数据，并让这些任务竞争以缩短数据处理时间。显然，这种方法需要占用更多的计算资源。在集群资源紧缺的情况下，应合理使用该机制，争取在多用少量资源的情况下，减少作业的计算时间。

图 4-30 推测执行算法原理

第 6 章 Hadoop 企业优化

6.1 MapReduce 跑的慢的原因


MapReduce 跑的慢的原因 尚硅谷

MapReduce 程序效率的瓶颈在于两点：

1. 计算机性能

   CPU、内存、磁盘健康、网络

2. I/O 操作优化

   （1）数据倾斜

   （2）Map和Reduce数设置不合理

   （3）Map运行时间太长，导致Reduce等待过久

   （4）小文件过多

   （5）大量的不可分块的超大文件

   （6）Spill次数过多

   （7）Merge次数过多等。

6.2 MapReduce 优化方法

MapReduce 优化方法主要从六个方面考虑：数据输入、Map 阶段、Reduce 阶段、IO 传输、数据倾斜问题和常用的调优参数。

6.2.1 数据输入


MapReduce优化方法 尚硅谷

6.2.1 数据输入

（1）合并小文件：在执行MR任务前将小文件进行合并，大量的小文件会产生大量的Map任务，增大Map任务装载次数，而任务的装载比较耗时，从而导致MR运行较慢。

（2）采用CombineTextInputFormat来作为输入，解决输入端大量小文件场景。

6.2.2 Map 阶段

6.2.2 Map阶段

（1）减少溢写（Spill）次数：通过调整io.sort.mb及sort.spill.percent参数值，增大触发Spill的内存上限，减少Spill次数，从而减少磁盘IO。

（2）减少合并（Merge）次数：通过调整io.sort.factor参数，增大Merge的文件数目，减少Merge的次数，从而缩短MR处理时间。

（3）在Map之后，**不影响业务逻辑前提下，先进行Combine处理**，减少 I/O。

6.2.3 Reduce 阶段

6.2.3 Reduce阶段

（1）合理设置Map和Reduce数：两个都不能设置太少，也不能设置太多。太少，会导致Task等待，延长处理时间；太多，会导致Map、Reduce任务间竞争资源，造成处理超时等错误。

（2）设置Map、Reduce共存：调整slowstart.completedmaps参数，使Map运行到一定程度后，Reduce也开始运行，减少Reduce的等待时间。

（3）规避使用Reduce：因为Reduce在用于连接数据集的时候将会产生大量的网络消耗。

6.2.3 Reduce阶段

（4）合理设置Reduce端的Buffer：默认情况下，数据达到一个阈值的时候，Buffer中的数据就会写入磁盘，然后Reduce会从磁盘中获得所有的数据。也就是说，Buffer和Reduce是没有直接关联的，中间多次写磁盘->读磁盘的过程，既然有这个弊端，那么就可以通过参数来配置，使得Buffer中的一部分数据可以直接输送到Reduce，从而减少IO开销：mapreduce.reduce.input.buffer.percent，默认为0.0。当值大于0的时候，会保留指定比例的内存读Buffer中的数据直接拿给Reduce使用。这样一来，设置Buffer需要内存，读取数据需要内存，Reduce计算也要内存，所以要根据作业的运行情况进行调整。

6.2.4 I/O 传输

6.2.4 IO传输

1）采用数据压缩的方式，减少网络IO的的时间。安装Snappy和LZO压缩编码器。

2）使用SequenceFile二进制文件。

6.2.5 数据倾斜问题

6.2.5 数据倾斜问题

1．数据倾斜现象

数据频率倾斜——某一个区域的数据量要远远大于其他区域。

数据大小倾斜——部分记录的大小远远大于平均值。

2．减少数据倾斜的方法

方法1：抽样和范围分区

可以通过对原始数据进行抽样得到的结果集来预设分区边界值。

方法2：自定义分区

基于输出键的背景知识进行自定义分区。例如，如果Map输出键的单词来源于一本书。且其中某几个专业词汇较多。那么就可以自定义分区将这这些专业词汇发送给固定的一部分Reduce实例。而将其他的都发送给剩余的Reduce实例。

方法3：Combine

使用Combine可以大量地减小数据倾斜。在可能的情况下，Combine的目的就是聚合并精简数据。

方法4：采用Map Join，尽量避免Reduce Join。

6.2.6 常用的调优参数

1．资源相关参数

（1）以下参数是在用户自己的 MR 应用程序中配置就可以生效（mapred-default.xml）

表 4-12

配置参数	参数说明
mapreduce.map.memory.mb	一个 MapTask 可使用的资源上限（单位:MB），默认为 1024。如果 MapTask 实际使用的资源量超过该值，则会被强制杀死。
mapreduce.reduce.memory.mb	一个 ReduceTask 可使用的资源上限（单

	位:MB），默认为 1024。如果 ReduceTask 实际使用的资源量超过该值，则会被强制杀死。
mapreduce.map.cpu.vcores	每个 MapTask 可使用的最多 cpu core 数目，默认值: 1
mapreduce.reduce.cpu.vcores	每个 ReduceTask 可使用的最多 cpu core 数目，默认值: 1
mapreduce.reduce.shuffle.parallelcopies	每个 Reduce 去 Map 中取数据的并行数。默认值是 5
mapreduce.reduce.shuffle.merge.percent	Buffer 中的数据达到多少比例开始写入磁盘。默认值 0.66
mapreduce.reduce.shuffle.input.buffer.percent	Buffer 大小占 Reduce 可用内存的比例。默认值 0.7
mapreduce.reduce.input.buffer.percent	指定多少比例的内存用来存放 Buffer 中的数据，默认值是 0.0

（2）应该在 YARN 启动之前就配置在服务器的配置文件中才能生效（yarn-default.xml）

表 4-13

配置参数	参数说明
yarn.scheduler.minimum-allocation-mb	给应用程序 Container 分配的最小内存，默认值：1024
yarn.scheduler.maximum-allocation-mb	给应用程序 Container 分配的最大内存，默认值：8192
yarn.scheduler.minimum-allocation-vcores	每个 Container 申请的最小 CPU 核数，默认值：1
yarn.scheduler.maximum-allocation-vcores	每个 Container 申请的最大 CPU 核数，默认值：32
yarn.nodemanager.resource.memory-mb	给 Containers 分配的最大物理内存，默认值：8192

（3）Shuffle 性能优化的关键参数，应在 YARN 启动之前就配置好（mapred-default.xml）

表 4-14

配置参数	参数说明
mapreduce.task.io.sort.mb	Shuffle 的环形缓冲区大小，默认 100m
mapreduce.map.sort.spill.percent	环形缓冲区溢出的阈值，默认 80%

2．容错相关参数(MapReduce 性能优化)

表 4-15

配置参数	参数说明
mapreduce.map.maxattempts	每个 Map Task 最大重试次数，一旦重试参数超过该值，则认为 Map Task 运行失败，默认值：4。
mapreduce.reduce.maxattempts	每个 Reduce Task 最大重试次数，一旦重试参数超过该值，则认为 Map Task 运行失败，默认值：4。

mapreduce.task.timeout	Task 超时时间，经常需要设置的一个参数，该参数表达的意思为：如果一个 Task 在一定时间内没有任何进入，即不会读取新的数据，也没有输出数据，则认为该 Task 处于 Block 状态，可能是卡住了，也许永远会卡住，为了防止因为用户程序永远 Block 住不退出，则强制设置了一个该超时时间（单位毫秒），默认是 600000。如果你的程序对每条输入数据的处理时间过长（比如会访问数据库，通过网络拉取数据等），建议将该参数调大，该参数过小常出现的错误提示是“ AttemptID:attempt_14267829456721_123456_m_000224_0 Timed out after 300 secsContainer killed by the ApplicationMaster.”。

6.3 HDFS 小文件优化方法

6.3.1 HDFS 小文件弊端

HDFS 上每个文件都要在 NameNode 上建立一个索引，这个索引的大小约为 150byte，这样当小文件比较多的时候，就会产生很多的索引文件，一方面会大量占用 NameNode 的内存空间，另一方面就是索引文件过大使得索引速度变慢。

6.3.2 HDFS 小文件解决方案

小文件的优化无非以下几种方式：

（1）在数据采集的时候，就将小文件或小批数据合成大文件再上传 HDFS。

（2）在业务处理之前，在 HDFS 上使用 MapReduce 程序对小文件进行合并。

（3）在 MapReduce 处理时，可采用 CombineTextInputFormat 提高效率。

HDFS小文件解决方案 尚硅谷

1．Hadoop Archive

是一个高效地将小文件放入HDFS块中的文件存档工具，它能够将多个小文件打包成一个HAR文件，这样就减少了NameNode的内存使用。

2．Sequence File

Sequence File由一系列的二进制key/value组成，如果key为文件名，value为文件内容，则可以将大批小文件合并成一个大文件。

3．CombineFileInputFormat

CombineFileInputFormat是一种新的InputFormat，用于将多个文件合并成一个单独的Split，另外，它会考虑数据的存储位置。

4．开启JVM重用

对于大量小文件Job，可以开启JVM重用会减少45%运行时间。

JVM重用原理：一个Map运行在一个JVM上，开启重用的话，该Map在JVM上运行完毕后，JVM继续运行其他Map。

具体设置：mapreduce.job.jvm.numtasks值在10-20之间。

第 7 章 MapReduce 扩展案例

7.1 倒排索引案例（多 job 串联）

1．需求

有大量的文本（文档、网页），需要建立搜索索引，如图 4-31 所示。

（1）数据输入

（2）期望输出数据

atguigu c.txt-->2 b.txt-->2 a.txt-->3
pingping c.txt-->1 b.txt-->3 a.txt-->1
ss c.txt-->1 b.txt-->1 a.txt-->2

2．需求分析

倒排索引案例（多job串联）

1、输入数据

a.txt
```
atguigu pingping
atguigu ss
atguigu ss
```

b.txt
```
atguigu pingping
atguigu pingping
pingping ss
```

c.txt
```
atguigu ss
atguigu pingping
```

2、第一次预期输出结果

```
atguigu--a.txt	3
atguigu--b.txt	2
atguigu--c.txt	2

pingping--a.txt	1
pingping--b.txt	3
pingping--c.txt	1

ss--a.txt 2
ss--b.txt 1
ss--c.txt 1
```

3、第二次预期输出结果

```
atguigu	c.txt-->2 b.txt-->2 a.txt-->3
pingping	c.txt-->1 b.txt-->3 a.txt-->1
ss	c.txt-->1 b.txt-->1 a.txt-->2
```


3．第一次处理

（1）第一次处理，编写 OneIndexMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileSplit;

public class OneIndexMapper extends Mapper<LongWritable,
Text, Text, IntWritable>{

   String name;
   Text k = new Text();
   IntWritable v = new IntWritable();

   @Override
   protected void setup(Context context)throws IOException,
InterruptedException {

      // 获取文件名称
      FileSplit split = (FileSplit) context.getInputSplit();

      name = split.getPath().getName();
   }

   @Override
   protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      // 1 获取 1 行
      String line = value.toString();
```

```
        // 2 切割
        String[] fields = line.split(" ");

        for (String word : fields) {

            // 3 拼接
            k.set(word+"--"+name);
            v.set(1);

            // 4 写出
            context.write(k, v);
        }
    }
}
```

（2）第一次处理，编写 OneIndexReducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class OneIndexReducer extends Reducer<Text,
IntWritable, Text, IntWritable>{

    IntWritable v = new IntWritable();

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<IntWritable>
values,Context context) throws IOException,
InterruptedException {

        int sum = 0;

        // 1 累加求和
        for(IntWritable value: values){
            sum +=value.get();
        }

        v.set(sum);

        // 2 写出
        context.write(key, v);
    }
}
```

（3）第一次处理，编写 OneIndexDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;
```

```
public class OneIndexDriver {

   public static void main(String[] args) throws Exception {

      // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
      args = new String[] { "e:/input/inputoneindex",
"e:/output5" };

      Configuration conf = new Configuration();

      Job job = Job.getInstance(conf);
      job.setJarByClass(OneIndexDriver.class);

      job.setMapperClass(OneIndexMapper.class);
      job.setReducerClass(OneIndexReducer.class);

      job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
      job.setMapOutputValueClass(IntWritable.class);

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

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

      job.waitForCompletion(true);
   }
}
```

（4）查看第一次输出结果

```
atguigu--a.txt  3
atguigu--b.txt  2
atguigu--c.txt  2
pingping--a.txt 1
pingping--b.txt 3
pingping--c.txt 1
ss--a.txt2
ss--b.txt1
ss--c.txt1
```

4．第二次处理

（1）第二次处理，编写 TwoIndexMapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class TwoIndexMapper extends Mapper<LongWritable,
Text, Text, Text>{

   Text k = new Text();
   Text v = new Text();

   @Override
```

```
    protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

        // 1 获取 1 行数据
        String line = value.toString();

        // 2 用“--”切割
        String[] fields = line.split("--");

        k.set(fields[0]);
        v.set(fields[1]);

        // 3 输出数据
        context.write(k, v);
    }
}
```

（2）第二次处理，编写 TwoIndexReducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;
public class TwoIndexReducer extends Reducer<Text, Text,
Text, Text> {

    Text v = new Text();

    @Override
    protected void reduce(Text key, Iterable<Text> values,
Context context) throws IOException, InterruptedException {
        // atguigu a.txt 3
        // atguigu b.txt 2
        // atguigu c.txt 2

        // atguigu c.txt-->2 b.txt-->2 a.txt-->3

        StringBuilder sb = new StringBuilder();

         // 1 拼接
        for (Text value : values) {
            sb.append(value.toString().replace("\t", "-->") +
"\t");
        }

        v.set(sb.toString());

        // 2 写出
        context.write(key, v);
    }
}
```

（3）第二次处理，编写 TwoIndexDriver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.index;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
```

```
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class TwoIndexDriver {

   public static void main(String[] args) throws Exception {

      // 输入输出路径需要根据自己电脑上实际的输入输出路径设置
args    =    new    String[]    {    "e:/input/inputtwoindex",
"e:/output6" };

      Configuration config = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(config);

      job.setJarByClass(TwoIndexDriver.class);
      job.setMapperClass(TwoIndexMapper.class);
      job.setReducerClass(TwoIndexReducer.class);

      job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
      job.setMapOutputValueClass(Text.class);

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

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

      boolean result = job.waitForCompletion(true);
      System.exit(result?0:1);
   }
}
```

（4）第二次查看最终结果

```
atguigu c.txt-->2 b.txt-->2 a.txt-->3
pingping   c.txt-->1 b.txt-->3 a.txt-->1
ss   c.txt-->1 b.txt-->1 a.txt-->2
```

7.2 TopN 案例

1．需求

对需求 2.3 输出结果进行加工，输出流量使用量在前 10 的用户信息

（1）输入数据　　（2）输出数据

top10input.txt

part-r-00000.txt

2．需求分析

Top10案例分析

1、输入数据

13470253144	180	180	360
13509468723	7335	110349	117684
13560439638	918	4938	5856
13568436656	3597	25635	29232
13590439668	1116	954	2070
13630577991	6960	690	7650
13682846555	1938	2910	4848
13729199489	240	0	240
13736230513	2481	24681	27162
13768778790	120	120	240
13846544121	264	0	264
13956435636	132	1512	1644
13966251146	240	0	240
13975057813	11058	48243	59301
13992314666	3008	3720	6728
15043685818	3659	3538	7197
15910133277	3156	2936	6092
15959002129	1938	180	2118
18271575951	1527	2106	3633
18390173782	9531	2412	11943
84188413	4116	1432	5548

2、输出数据

13509468723	7335	110349	117684
13975057813	11058	48243	59301
13568436656	3597	25635	29232
13736230513	2481	24681	27162
18390173782	9531	2412	11943
13630577991	6960	690	7650
15043685818	3659	3538	7197
13992314666	3008	3720	6728
15910133277	3156	2936	6092
13560439638	918	4938	5856

3．实现代码

（1）编写 FlowBean 类

```
package com.atguigu.mr.top;

import java.io.DataInput;
import java.io.DataOutput;
import java.io.IOException;

import org.apache.hadoop.io.WritableComparable;

public class FlowBean implements WritableComparable<FlowBean>{

   private long upFlow;
   private long downFlow;
   private long sumFlow;


   public FlowBean() {
       super();
   }

   public FlowBean(long upFlow, long downFlow) {
       super();
       this.upFlow = upFlow;
       this.downFlow = downFlow;
   }

   @Override
   public void write(DataOutput out) throws IOException {
       out.writeLong(upFlow);
       out.writeLong(downFlow);
       out.writeLong(sumFlow);
   }

   @Override
```

```
    public void readFields(DataInput in) throws IOException {
        upFlow = in.readLong();
        downFlow = in.readLong();
        sumFlow = in.readLong();
    }

    public long getUpFlow() {
        return upFlow;
    }

    public void setUpFlow(long upFlow) {
        this.upFlow = upFlow;
    }

    public long getDownFlow() {
        return downFlow;
    }

    public void setDownFlow(long downFlow) {
        this.downFlow = downFlow;
    }

    public long getSumFlow() {
        return sumFlow;
    }

    public void setSumFlow(long sumFlow) {
        this.sumFlow = sumFlow;
    }

    @Override
    public String toString() {
        return upFlow + "\t" + downFlow + "\t" + sumFlow;
    }

    public void set(long downFlow2, long upFlow2) {
        downFlow = downFlow2;
        upFlow = upFlow2;
        sumFlow = downFlow2 + upFlow2;
    }

    @Override
    public int compareTo(FlowBean bean) {

        int result;

        if (this.sumFlow > bean.getSumFlow()) {
            result = -1;
        }else if (this.sumFlow < bean.getSumFlow()) {
            result = 1;
        }else {
            result = 0;
        }

        return result;
    }
}
```

（2）编写 TopNMapper 类

```
package com.atguigu.mr.top;

import java.io.IOException;
import java.util.Iterator;
import java.util.TreeMap;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class TopNMapper extends Mapper<LongWritable, Text,
FlowBean, Text>{

  // 定义一个 TreeMap 作为存储数据的容器（天然按 key 排序）
  private TreeMap<FlowBean, Text> flowMap = new
TreeMap<FlowBean, Text>();
  private FlowBean kBean;

  @Override
  protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context) throws IOException, InterruptedException {

      kBean = new FlowBean();
      Text v = new Text();

      // 1 获取一行
      String line = value.toString();

      // 2 切割
      String[] fields = line.split("\t");

      // 3 封装数据
      String phoneNum = fields[0];
      long upFlow = Long.parseLong(fields[1]);
      long downFlow = Long.parseLong(fields[2]);
      long sumFlow = Long.parseLong(fields[3]);

      kBean.setDownFlow(downFlow);
      kBean.setUpFlow(upFlow);
      kBean.setSumFlow(sumFlow);

      v.set(phoneNum);

      // 4 向 TreeMap 中添加数据
      flowMap.put(kBean, v);

      // 5 限制 TreeMap 的数据量，超过 10 条就删除掉流量最小的一条数据
      if (flowMap.size() > 10) {
//        flowMap.remove(flowMap.firstKey());
        flowMap.remove(flowMap.lastKey());
      }
  }

  @Override
  protected void cleanup(Context context) throws IOException,
InterruptedException {
```

```
        // 6 遍历 treeMap 集合，输出数据
        Iterator<FlowBean> bean = flowMap.keySet().iterator();

        while (bean.hasNext()) {

            FlowBean k = bean.next();

            context.write(k, flowMap.get(k));
        }
    }
}
```

（3）编写 TopNReducer 类

```
package com.atguigu.mr.top;

import java.io.IOException;
import java.util.Iterator;
import java.util.TreeMap;

import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class TopNReducer extends Reducer<FlowBean, Text, Text,
FlowBean> {

    // 定义一个 TreeMap 作为存储数据的容器（天然按 key 排序）
    TreeMap<FlowBean, Text> flowMap = new TreeMap<FlowBean,
Text>();

    @Override
    protected void reduce(FlowBean key, Iterable<Text> values,
Context context)throws IOException, InterruptedException {

        for (Text value : values) {

            FlowBean bean = new FlowBean();
            bean.set(key.getDownFlow(), key.getUpFlow());

            // 1 向 treeMap 集合中添加数据
            flowMap.put(bean, new Text(value));

            // 2 限制 TreeMap 数据量，超过 10 条就删除掉流量最小的一条数据
            if (flowMap.size() > 10) {
                // flowMap.remove(flowMap.firstKey());
                flowMap.remove(flowMap.lastKey());
            }
        }
    }

    @Override
    protected void cleanup(Reducer<FlowBean, Text, Text,
FlowBean>.Context context) throws IOException,
InterruptedException {

        // 3 遍历集合，输出数据
        Iterator<FlowBean> it = flowMap.keySet().iterator();
```

```
        while (it.hasNext()) {

            FlowBean v = it.next();

            context.write(new Text(flowMap.get(v)), v);
        }
    }
}
```

（4）编写 TopNDriver 类

```
package com.atguigu.mr.top;

import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class TopNDriver {

  public static void main(String[] args) throws Exception {

      args  = new String[]{"e:/output1","e:/output3"};

      // 1 获取配置信息，或者 job 对象实例
      Configuration configuration = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(configuration);

      // 6 指定本程序的 jar 包所在的本地路径
      job.setJarByClass(TopNDriver.class);

      // 2 指定本业务 job 要使用的 mapper/Reducer 业务类
      job.setMapperClass(TopNMapper.class);
      job.setReducerClass(TopNReducer.class);

      // 3 指定 mapper 输出数据的 kv 类型
      job.setMapOutputKeyClass(FlowBean.class);
      job.setMapOutputValueClass(Text.class);

      // 4 指定最终输出的数据的 kv 类型
      job.setOutputKeyClass(Text.class);
      job.setOutputValueClass(FlowBean.class);

      // 5 指定 job 的输入原始文件所在目录
      FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
      FileOutputFormat.setOutputPath(job, new Path(args[1]));

      // 7 将 job 中配置的相关参数，以及 job 所用的 java 类所在的 jar 包，
提交给 yarn 去运行
      boolean result = job.waitForCompletion(true);
      System.exit(result ? 0 : 1);
  }
}
```

7.3 找博客共同好友案例

1．需求

以下是博客的好友列表数据，冒号前是一个用户，冒号后是该用户的所有好友（数据中的好友关系是单向的）

求出哪些人两两之间有共同好友，及他俩的共同好友都有谁？

（1）数据输入

friends.txt

2．需求分析

先求出 A、B、C、….等是谁的好友

第一次输出结果

```
A  I,K,C,B,G,F,H,O,D,
B  A,F,J,E,
C  A,E,B,H,F,G,K,
D  G,C,K,A,L,F,E,H,
E  G,M,L,H,A,F,B,D,
F  L,M,D,C,G,A,
G  M,
H  O,
I  O,C,
J  O,
K  B,
L  D,E,
M  E,F,
O  A,H,I,J,F,
```

第二次输出结果

```
A-B   E C
A-C   D F
A-D   E F
A-E   D B C
A-F   O B C D E
A-G   F E C D
A-H   E C D O
A-I   O
A-J   O B
A-K   D C
A-L   F E D
A-M   E F
B-C   A
B-D   A E
B-E   C
B-F   E A C
B-G   C E A
B-H   A E C
```

```
B-I   A
B-K   C A
B-L   E
B-M   E
B-O   A
C-D   A F
C-E   D
C-F   D A
C-G   D F A
C-H   D A
C-I   A
C-K   A D
C-L   D F
C-M   F
C-O   I A
D-E   L
D-F   A E
D-G   E A F
D-H   A E
D-I   A
D-K   A
D-L   E F
D-M   F E
D-O   A
E-F   D M C B
E-G   C D
E-H   C D
E-J   B
E-K   C D
E-L   D
F-G   D C A E
F-H   A D O E C
F-I   O A
F-J   B O
F-K   D C A
F-L   E D
F-M   E
F-O   A
G-H   D C E A
G-I   A
G-K   D A C
G-L   D F E
G-M   E F
G-O   A
H-I   O A
H-J   O
H-K   A C D
H-L   D E
H-M   E
H-O   A
I-J   O
I-K   A
I-O   A
K-L   D
K-O   A
L-M   E F
```

3．代码实现

（1）第一次 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class OneShareFriendsMapper extends
Mapper<LongWritable, Text, Text, Text>{

  @Override
  protected void map(LongWritable key, Text value,
Mapper<LongWritable, Text, Text, Text>.Context context)
        throws IOException, InterruptedException {

     // 1 获取一行 A:B,C,D,F,E,O
     String line = value.toString();

     // 2 切割
     String[] fields = line.split(":");

     // 3 获取 person 和好友
     String person = fields[0];
     String[] friends = fields[1].split(",");

     // 4 写出去
     for(String friend: friends){

        // 输出 <好友，人>
        context.write(new Text(friend), new Text(person));
     }
  }
}
```

（2）第一次 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class OneShareFriendsReducer extends Reducer<Text,
Text, Text, Text>{

  @Override
  protected void reduce(Text key, Iterable<Text> values,
Context context)throws IOException, InterruptedException {

     StringBuffer sb = new StringBuffer();

     //1 拼接
     for(Text person: values){
        sb.append(person).append(",");
     }
```

```
        //2 写出
        context.write(key, new Text(sb.toString()));
    }
}
```

（3）第一次 Driver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class OneShareFriendsDriver {

  public static void main(String[] args) throws Exception {

        // 1 获取 job 对象
        Configuration configuration = new Configuration();
        Job job = Job.getInstance(configuration);

        // 2 指定 jar 包运行的路径
        job.setJarByClass(OneShareFriendsDriver.class);

        // 3 指定 map/reduce 使用的类
        job.setMapperClass(OneShareFriendsMapper.class);
        job.setReducerClass(OneShareFriendsReducer.class);

        // 4 指定 map 输出的数据类型
        job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
        job.setMapOutputValueClass(Text.class);

        // 5 指定最终输出的数据类型
        job.setOutputKeyClass(Text.class);
        job.setOutputValueClass(Text.class);

        // 6 指定 job 的输入原始所在目录
        FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
        FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

        // 7 提交
        boolean result = job.waitForCompletion(true);

        System.exit(result?0:1);
    }
}
```

（4）第二次 Mapper 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import java.io.IOException;
import java.util.Arrays;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
```

```
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;

public class TwoShareFriendsMapper extends
Mapper<LongWritable, Text, Text, Text>{

  @Override
  protected void map(LongWritable key, Text value, Context
context)
        throws IOException, InterruptedException {

     // A I,K,C,B,G,F,H,O,D,
     // 友 人，人，人
     String line = value.toString();
     String[] friend_persons = line.split("\t");

     String friend = friend_persons[0];
     String[] persons = friend_persons[1].split(",");

     Arrays.sort(persons);

     for (int i = 0; i < persons.length - 1; i++) {

        for (int j = i + 1; j < persons.length; j++) {
           // 发出 <人-人，好友> ，这样，相同的“人-人”对的所有好
友就会到同 1 个 reduce 中去
           context.write(new Text(persons[i] + "-" +
persons[j]), new Text(friend));
        }
     }
  }
}
```

（5）第二次 Reducer 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;

public class TwoShareFriendsReducer extends Reducer<Text,
Text, Text, Text>{

  @Override
  protected void reduce(Text key, Iterable<Text> values,
Context context)  throws IOException, InterruptedException
{

     StringBuffer sb = new StringBuffer();

     for (Text friend : values) {
        sb.append(friend).append(" ");
     }

     context.write(key, new Text(sb.toString()));
  }
}
```

（6）第二次 Driver 类

```
package com.atguigu.mapreduce.friends;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import
org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;

public class TwoShareFriendsDriver {

  public static void main(String[] args) throws Exception {

      // 1 获取 job 对象
      Configuration configuration = new Configuration();
      Job job = Job.getInstance(configuration);

      // 2 指定 jar 包运行的路径
      job.setJarByClass(TwoShareFriendsDriver.class);

      // 3 指定 map/reduce 使用的类
      job.setMapperClass(TwoShareFriendsMapper.class);
      job.setReducerClass(TwoShareFriendsReducer.class);

      // 4 指定 map 输出的数据类型
      job.setMapOutputKeyClass(Text.class);
      job.setMapOutputValueClass(Text.class);

      // 5 指定最终输出的数据类型
      job.setOutputKeyClass(Text.class);
      job.setOutputValueClass(Text.class);

      // 6 指定 job 的输入原始所在目录
      FileInputFormat.setInputPaths(job, new Path(args[0]));
      FileOutputFormat.setOutputPath(job,                new
Path(args[1]));

      // 7 提交
      boolean result = job.waitForCompletion(true);
      System.exit(result?0:1);
  }
}
```

第 8 章 常见错误及解决方案

1）导包容易出错。尤其 Text 和 CombineTextInputFormat。

2）Mapper 中第一个输入的参数必须是 LongWritable 或者 NullWritable，不可以是 IntWritable. 报的错误是类型转换异常。

3）java.lang.Exception: java.io.IOException: Illegal partition for 13926435656 (4)，说明 Partition 和 ReduceTask 个数没对上，调整 ReduceTask 个数。

4）如果分区数不是 1，但是 reducetask 为 1，是否执行分区过程。答案是：不执行分区过程。因为在 MapTask 的源码中，执行分区的前提是先判断 ReduceNum 个数是否大于 1。不大于 1 肯定不执行。

5）在 Windows 环境编译的 jar 包导入到 Linux 环境中运行，

hadoop jar wc.jar com.atguigu.mapreduce.wordcount.WordCountDriver /user/atguigu/ /user/atguigu/output

报如下错误：

Exception in thread "main" java.lang.UnsupportedClassVersionError: com/atguigu/mapreduce/wordcount/WordCountDriver : Unsupported major.minor version 52.0

原因是 Windows 环境用的 jdk1.7，Linux 环境用的 jdk1.8。

解决方案：统一 jdk 版本。

6）缓存 pd.txt 小文件案例中，报找不到 pd.txt 文件

原因：大部分为路径书写错误。还有就是要检查 pd.txt.txt 的问题。还有个别电脑写相对路径找不到 pd.txt，可以修改为绝对路径。

7）报类型转换异常。

通常都是在驱动函数中设置 Map 输出和最终输出时编写错误。

Map 输出的 key 如果没有排序，也会报类型转换异常。

8）集群中运行 wc.jar 时出现了无法获得输入文件。

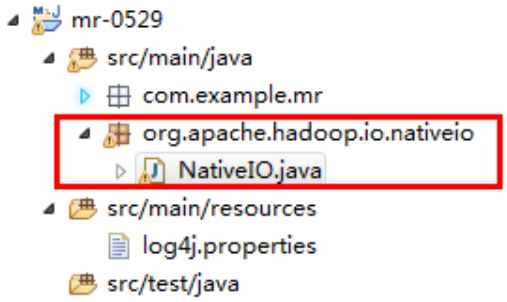
原因：WordCount 案例的输入文件不能放用 HDFS 集群的根目录。

9）出现了如下相关异常

```
Exception in thread "main" java.lang.UnsatisfiedLinkError: org.apache.hadoop.io.nativeio.NativeIO$Windows.access0(Ljava/lang/String;I)Z
        at org.apache.hadoop.io.nativeio.NativeIO$Windows.access0(Native Method)
        at org.apache.hadoop.io.nativeio.NativeIO$Windows.access(NativeIO.java:609)
        at org.apache.hadoop.fs.FileUtil.canRead(FileUtil.java:977)
java.io.IOException: Could not locate executable null\bin\winutils.exe in the Hadoop binaries.
        at org.apache.hadoop.util.Shell.getQualifiedBinPath(Shell.java:356)
        at org.apache.hadoop.util.Shell.getWinUtilsPath(Shell.java:371)
        at org.apache.hadoop.util.Shell.<clinit>(Shell.java:364)
```

解决方案：拷贝 hadoop.dll 文件到 Windows 目录 C:\Windows\System32。个别同学电脑还需要修改 Hadoop 源码。

方案二：创建如下包名，并将 NativeIO.java 拷贝到该包名下



10）自定义 Outputformat 时，注意在 RecordWirter 中的 close 方法必须关闭流资源。否则输出的文件内容中数据为空。

```
@Override
public void close(TaskAttemptContext context) throws IOException,
InterruptedException {
	if (atguigufos != null) {
		atguigufos.close();
	}
	if (otherfos != null) {
		otherfos.close();
	}
}
```