

Hadoop-MapReduce

需求规格说明书

2015 年 3 月



1. 范围

1.1. 标识

文档标题：Hadoop-MapReduce 需求规格说明书

版本号：V2.0

1.2. Hadoop-MapReduce 系统概述

MapReduce 是一种编程模型，用于大规模数据集（大于 1TB）的并行运算。概念"Map（映射）"和"Reduce（归约）"，和它们的主要思想，都是从函数式编程语言里借来的，还有从矢量编程语言里借来的特性。它极大地方便了编程人员在不会分布式并行编程的情况下，将自己的程序运行在分布式系统上。当前的软件实现是指定一个 Map（映射）函数，用来把一组键值对映射成一组新的键值对，指定并发的 Reduce（归约）函数，用来保证所有映射的键值对中的每一个共享相同的键组。

1.3. 文档概述

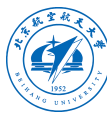
文档用途：本文档主要是介绍 Hadoop-MapReduce 系统需求规格。

主要内容：

- 1) 以用例图的形式给出 Hadoop-MapReduce 系统功能需求的分解结构，并对用例模型中的参与者和用例进行详细的描述；
- 2) 使用 RUCM 模型对功能需求进行建模；
- 3) 描述了与系统实施相关的一些软件、硬件环境的要求。

1.4. 术语和缩略词

缩写、术语	解释
UCM	Use Case Model 用例建模
RUCM	限制性用例模型
Hadoop	是一个由 Apache 基金会所开发的分布式系统基础架构。
MapReduce	一种编程模型，用于大规模数据集（大于 1TB）的并行运算。
JobTracker	使用文件块信息(物理量和位置)确定如何创建其他 TaskTracker 从属任务。
TaskTracker	任务处理模块



Map	接受一个键值对（key-value pair），产生一组中间键值对。
Reduce	接受一个键，以及相关的一组值，将这组值进行合并产生一组规模更小的值。

2. 参考文献

- [1]Hadoop 权威指南. [译]周敏奇、王晓玲. 北京:清华大学出版社. 2011. 7.
- [2]深入分析云计算之 Hadoop 源码分析
- [3]Hadoop 技术内幕. 董西成. 北京: 机械工业出版社. 2013.5.
- [4]<http://baike.baidu.com/view/2902.htm>.

3. MapReduce 模块中的用例分析

3.1. 系统核心功能用例图

MapReduce 系统中，核心功能的用例图，如图 2-1 所示。

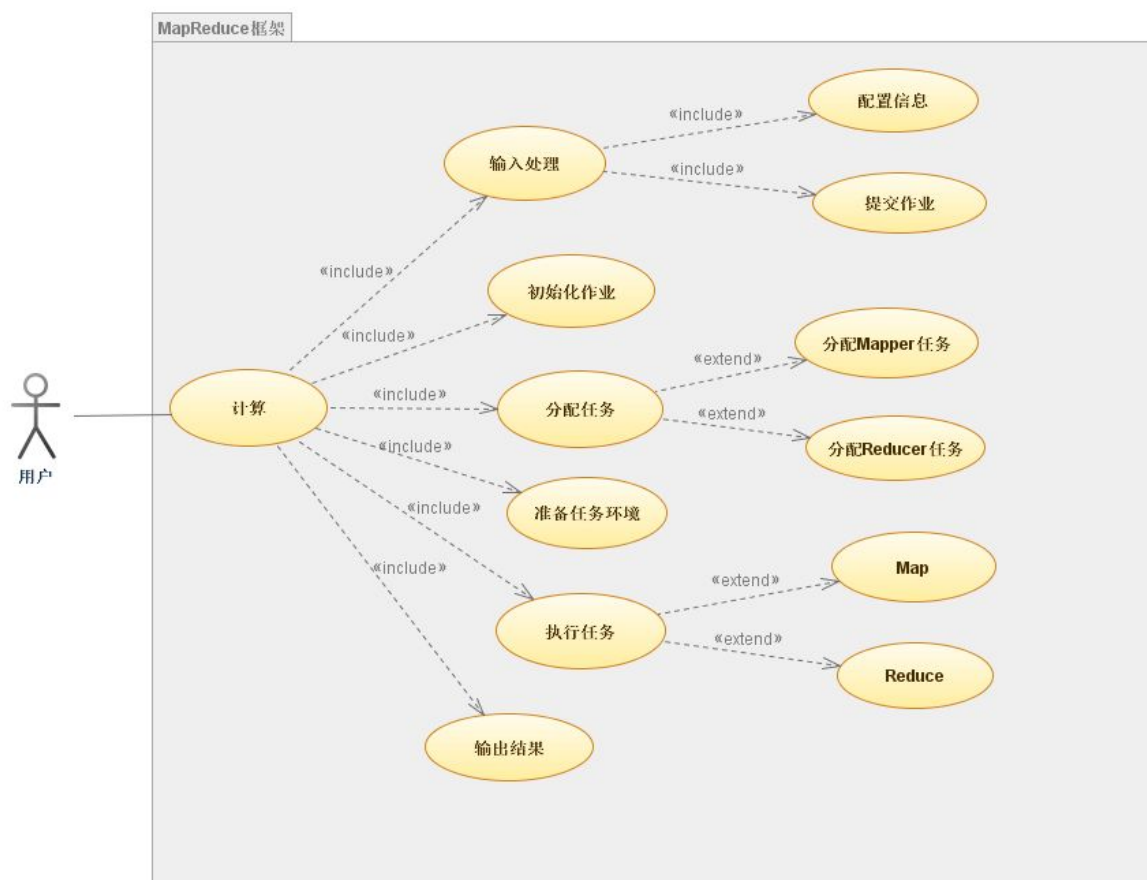


图 2-1 核心功能用例图



3.1.1. 计算的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	计算
Brief Description	完成用户提交的计算作业
Precondition	hadoop集群运行正常
Primary Actor	用户
Secondary Actors	None
Dependency	INCLUDE USE CASE MapReduce框架::输入处理, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::初始化作业, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::分配任务, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::准备任务环境, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::执行任务, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::输出结果
Generalization	None

Basic Flow (Untitled) ▼	Steps	
	1	INCLUDE USE CASE 输入处理
	2	INCLUDE USE CASE 初始化作业
	3	INCLUDE USE CASE 分配任务
	4	INCLUDE USE CASE 准备任务环境
	5	INCLUDE USE CASE 执行任务
	6	INCLUDE USE CASE 输出结果
	Postcondition	用户得到计算结果

图 2-2 计算的需求规格说明

3.1.2. 输入处理的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	输入处理
Brief Description	对用户输入的作业进行处理
Precondition	用户输入作业
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	None
Dependency	INCLUDE USE CASE MapReduce框架::配置信息, INCLUDE USE CASE MapReduce框架::提交作业
Generalization	None

Basic Flow (Untitled) ▼	Steps	
	1	INCLUDE USE CASE 配置信息
	2	INCLUDE USE CASE 提交作业
	Postcondition	JobTracker完成对输入的处理

图 2-3 输入处理的需求规格说明

3.1.3. 初始化作业的需求规格说明

Use Case Specification																	
Use Case Name	初始化作业																
Brief Description	JobTracker初始化作业																
Precondition	JobTracker完成对作业的预处理																
Primary Actor	JobTracker																
Secondary Actors	None																
Dependency	None																
Generalization	None																
Basic Flow (Untitled) ▼	<table><tr><th colspan="2">Steps</th></tr><tr><td>1</td><td>JobTracker创建作业初始化监听器EagerTaskInitializationListener</td></tr><tr><td>2</td><td>作业初始化监听器创建作业初始化管理线程</td></tr><tr><td>3</td><td>JobTracker将JobInProgress添加到作业初始化监听器中的作业队列</td></tr><tr><td>4</td><td>作业初始化管理线程从作业队列中取出第一个需要被初始化的作业的JobInProgress</td></tr><tr><td>5</td><td>作业初始化监听器为JobInProgress创建对应的作业初始化线程</td></tr><tr><td>6</td><td>作业初始化线程进行作业初始化工作，创建Mapper、Reducer、SetUp和CleanUp任务</td></tr><tr><td>Postcondition</td><td>作业初始化工作完成</td></tr></table>	Steps		1	JobTracker创建作业初始化监听器EagerTaskInitializationListener	2	作业初始化监听器创建作业初始化管理线程	3	JobTracker将JobInProgress添加到作业初始化监听器中的作业队列	4	作业初始化管理线程从作业队列中取出第一个需要被初始化的作业的JobInProgress	5	作业初始化监听器为JobInProgress创建对应的作业初始化线程	6	作业初始化线程进行作业初始化工作，创建Mapper、Reducer、SetUp和CleanUp任务	Postcondition	作业初始化工作完成
Steps																	
1	JobTracker创建作业初始化监听器EagerTaskInitializationListener																
2	作业初始化监听器创建作业初始化管理线程																
3	JobTracker将JobInProgress添加到作业初始化监听器中的作业队列																
4	作业初始化管理线程从作业队列中取出第一个需要被初始化的作业的JobInProgress																
5	作业初始化监听器为JobInProgress创建对应的作业初始化线程																
6	作业初始化线程进行作业初始化工作，创建Mapper、Reducer、SetUp和CleanUp任务																
Postcondition	作业初始化工作完成																

图 2-4 初始化作业的需求规格说明

3.1.4. 分配任务的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	分配任务
Brief Description	JobTracker给TaskTracker分配任务
Precondition	作业初始化成功
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	None
Dependency	EXTENDED BY USE CASE MapReduce框架::分配任务, EXTENDED BY USE CASE MapReduce框架::分配任务
Generalization	None

Basic Flow (Untitled) ▼	Steps	
	1	查看文件初始化之后配置信息中Mapper任务数量和Reducer任务数量
	2	IF 该作业的Mapper任务没分配完 THEN
	3	INCLUDE USE CASE 分配Mapper任务
	4	ELSEIF 该作业的Reducer任务没分配完 THEN
	5	INCLUDE USE CASE 分配Reducer任务
	6	ENDIF
	Postcondition	集群中相应TaskTracker获得任务

图 2-5 分配任务的需求规格说明



3.1.5. 准备任务环境的需求规格说明

Use Case Specification		
Use Case Name	准备任务环境	
Brief Description	为任务执行准备环境	
Precondition	接受到来自JobTracker分配的任务	
Primary Actor	TaskTracker	
Secondary Actors	None	
Dependency	None	
Generalization	None	
Basic Flow (Untitled) ▼	Steps	
	1	为每个任务创建各自的JVM
	Postcondition	任务环境准备完成

图 2-6 准备任务环境的需求规格说明

3.1.6. 执行任务的需求规格说明

Use Case Specification		
Use Case Name	执行任务	
Brief Description	执行JobTracker分配的任务	
Precondition	JobTracker分配任务	
Primary Actor	TaskTracker	
Secondary Actors	None	
Dependency	EXTENDED BY USE CASE MapReduce框架::执行任务, EXTENDED BY USE CASE MapReduce框架::执行任务	
Generalization	None	
Basic Flow (Untitled) ▼	Steps	
	1	IF TaskTracker中有Map Task THEN
	2	INCLUDE USE CASE Map
	3	ENDIF
	4	IF TaskTracker中有Reduce Task THEN
	5	INCLUDE USE CASE Reduce
	6	ENDIF
	Postcondition	TaskTracker执行任务

图 2-7 执行任务的需求规格说明



3.1.7. 输出结果的需求规格说明

Use Case Specification									
Use Case Name	输出结果								
Brief Description	TaskTracker将计算结果输出到HDFS								
Precondition	reduce处理完毕								
Primary Actor	TaskTracker								
Secondary Actors	None								
Dependency	None								
Generalization	None								
Basic Flow (Untitled) ▼	<table><tr><th colspan="2">Steps</th></tr><tr><td>1</td><td>TaskTracker通过通信协议与HDFS建立连接</td></tr><tr><td>2</td><td>TaskTracker将计算结果传输到HDFS进行存储</td></tr><tr><td>Postcondition</td><td>计算结果存储在HDFS上</td></tr></table>	Steps		1	TaskTracker通过通信协议与HDFS建立连接	2	TaskTracker将计算结果传输到HDFS进行存储	Postcondition	计算结果存储在HDFS上
Steps									
1	TaskTracker通过通信协议与HDFS建立连接								
2	TaskTracker将计算结果传输到HDFS进行存储								
Postcondition	计算结果存储在HDFS上								

图 2-8 输出结果的需求规格说明

3.1.8. 配置信息的需求规格说明

Use Case Name	配置信息												
Brief Description	配置作业信息												
Precondition	hadoop集群运行正常												
Primary Actor	用户												
Secondary Actors	None												
Dependency	None												
Generalization	None												
Basic Flow (Untitled) ▼	<table><tr><th colspan="2">Steps</th></tr><tr><td>1</td><td>用户设置输入作业过滤器</td></tr><tr><td>2</td><td>用户指定用逗号分隔的输入路径列表 VALIDATES THAT 输入路径不为空并且满足过滤器条件</td></tr><tr><td>3</td><td>用户指定作业输入格式</td></tr><tr><td>4</td><td>用户设置输入分片最大大小和最小大小 VALIDATES THAT 1字节<=最小大小<最大大小<=Long.MaxValue字节</td></tr><tr><td>Postcondition</td><td>完成作业配置信息</td></tr></table>	Steps		1	用户设置输入作业过滤器	2	用户指定用逗号分隔的输入路径列表 VALIDATES THAT 输入路径不为空并且满足过滤器条件	3	用户指定作业输入格式	4	用户设置输入分片最大大小和最小大小 VALIDATES THAT 1字节<=最小大小<最大大小<=Long.MaxValue字节	Postcondition	完成作业配置信息
Steps													
1	用户设置输入作业过滤器												
2	用户指定用逗号分隔的输入路径列表 VALIDATES THAT 输入路径不为空并且满足过滤器条件												
3	用户指定作业输入格式												
4	用户设置输入分片最大大小和最小大小 VALIDATES THAT 1字节<=最小大小<最大大小<=Long.MaxValue字节												
Postcondition	完成作业配置信息												
Specific Alternative Flow (Untitled) ▼	<table><tr><td colspan="2">RFS 2</td></tr><tr><td>1</td><td>输入路径不满足过滤器条件或输入路径为空</td></tr><tr><td>2</td><td>ABORT</td></tr><tr><td>Postcondition</td><td>配置作业信息失败</td></tr></table>	RFS 2		1	输入路径不满足过滤器条件或输入路径为空	2	ABORT	Postcondition	配置作业信息失败				
RFS 2													
1	输入路径不满足过滤器条件或输入路径为空												
2	ABORT												
Postcondition	配置作业信息失败												
Specific Alternative Flow (Untitled) ▼	<table><tr><td colspan="2">RFS 4</td></tr><tr><td>1</td><td>用户设置分片最大大小、最小大小失败</td></tr><tr><td>2</td><td>ABORT</td></tr><tr><td>Postcondition</td><td>配置作业信息失败</td></tr></table>	RFS 4		1	用户设置分片最大大小、最小大小失败	2	ABORT	Postcondition	配置作业信息失败				
RFS 4													
1	用户设置分片最大大小、最小大小失败												
2	ABORT												
Postcondition	配置作业信息失败												

图 2-9 配置信息的需求规格说明

3.1.9. 提交作业的需求规格说明

Use Case Name	提交作业
Brief Description	client客户端提交用户作业
Precondition	用户配置作业信息，完成mapreduce程序编写，打包并通过命令提交
Primary Actor	client
Secondary Actors	None
Dependency	None
Generalization	None
Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	<ol style="list-style-type: none"> 1 向JobTracker请求新的作业ID 2 获取JobTracker发来的ID VALIDATES THAT ID不为空 3 检查作业的输出说明 4 IF 没有指定输出目录或输出目录已被占用 THEN 作业提交失败，错误抛回给mapreduce程序 5 计算作业的输入分片 6 IF 输入路径不存在 THEN 作业提交失败，错误抛回给mapreduce程序 7 以作业ID创建HDFS目录 8 把作业相关文件（应用程序jar包、xml文件及其依赖的文件）上传到HDFS上 9 告知JobTracker作业准备执行
	Postcondition 用户作业提交成功
Specific Alternative Flow	RFS 2
(Untitled) ▼	<ol style="list-style-type: none"> 1 client获取到ID为空 2 重新向JobTracker请求作业ID
	Postcondition 等待JobTracker发送作业ID

图 2-10 提交作业的需求规格说明

3.1.10. 分配 Mapper 任务的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	分配Mapper任务
Brief Description	JobTracker给TaskTracker分配Mapper任务
Precondition	作业初始化成功
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	None
Dependency	None
Generalization	None



Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	<ol style="list-style-type: none"> 1 获取集群中TaskTracker的数量以及集群所能运行的最多Mapper任务数量 2 获取调度器所管理的Job队列 3 获取TaskTracker能够运行的最多Mapper任务数量，当前运行的Mapper任务数量 4 获取集群中所有Job剩余的未执行的Mapper任务数量 5 计算集群中Mapper任务的装载因子（剩余的任务数量/集群最多能够运行的任务数量） 6 根据Mapper的装载因子计算当前TaskTracker的最大Mapper任务容量 7 计算当前TaskTracker能够使用的Mapper任务槽的数量（当前TaskTracker的最大Mapper任务容量-正在运行的任务数量） 8 IF 当前TaskTracker能够使用的Mapper任务槽的数量为0 THEN 9 分配Mapper任务结束 10 ELSE 11 DO 从JobInProgress中取出一个正在运行的JobInProgress 12 DO 从JobInProgress取出能够使TaskTracker在本地运行的Mapper任务 THEN 13 将该Mapper任务分配给TaskTracker 14 IF 要为该TaskTracker预留Mapper任务槽 THEN 15 分配Mapper任务结束 16 ENDIF 17 UNTIL JobInProgress中没有能够使TaskTracker在本地运行的Mapper任务 18 IF 该JobInProgress中有一个非本地的Mapper任务 THEN 19 取出该非本地Mapper任务分配给TaskTracker 20 分配Mapper任务成功 21 ENDIF 22 UNTIL Job队列中没有正在运行的JobInProgressENDIF 23 ENDIF
	Postcondition 完成给TaskTracker的Mapper任务的分配

图 2-11 分配 Mapper 任务的需求规格说明

3.1.11. 分配 Reducer 任务的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	分配Reducer任务
Brief Description	JobTracker给TaskTracker分配Reducer任务
Precondition	作业初始化成功
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	
Dependency	None
Generalization	None



Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	1 获取集群中TaskTracker的数量以及集群所能运行的最多Reducer任务数量
	2 获取调度器所管理的Job队列
	3 获取TaskTracker能够运行的最多Reducer任务数量，当前运行的Reducer任务数量
	4 获取集群中所有Job剩余的未执行的Reducer任务数量
	5 计算集群中Reducer任务的装载因子（剩余的任务数量/集群最多能够运行的任务数量）
	6 根据Reducer的装载因子计算当前TaskTracker的最大Reducer任务容量
	7 计算当前TaskTracker能够使用的Reducer任务槽的数量（当前TaskTracker的最大Reducer任务容量-正在运行的任务数量）
	8 IF 当前TaskTracker能够使用的Reducer任务槽的数量为0 THEN
	9 分配Reducer任务结束
	10 ELSEDO 从Job队列中取出一个正在运行的JobInProgress
	11 DO 从Job队列中取出一个正在运行的JobInProgress
	12 IF JobInProgress中有Reducer任务 THEN
	13 取出一个Reducer任务并分配给TaskTracker
	14 分配Reducer任务结束
	15 ELSE
	16 IF 需要为该TaskTracker预留Reducer任务槽 THEN
	17 分配Reducer任务结束
	18 ENDIF
	19 ENDIF
	20 UNTIL Job队列中没有正在运行的JobInProgress
	21 ENDIF
	22
	Postcondition 完成给TaskTracker的Reducer任务的分配

图 2-12 分配 Reducer 任务的需求规格说明

3.1.12. 执行任务中 Map 的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	Map
Brief Description	TaskTracker的Map过程
Precondition	接收到来自JobTracker的Map Task
Primary Actor	TaskTracker
Secondary Actors	None
Dependency	None
Generalization	None

Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	1 通过用户输入信息，从输入InputSplit中解析出一个个key/value
	2 将解析出的key/value交给给用户编写的map()函数进行处理，并产生一系列新的key/value
	3 将输出的key/value按照 key进行排序，并缓存至本地
	Postcondition Map Task执行完毕

图 2-13 Map 的需求规格说明



3.1.13. 执行任务中 Reduce 的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	Reduce
Brief Description	TaskTracker的Reduce过程
Precondition	接收到来自JobTask的Reduce Task
Primary Actor	TaskTracker
Secondary Actors	None
Dependency	None
Generalization	None
Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	1 Reduce Task从各个Map Task所在磁盘拷贝中间结果并对结果进行合并
	2 Reduce Task对中间结果进行合并
	3 对中间结果（一系列key/value）按照key进行排序
	4 将排序结果交给reduce()函数进行处理
	5 将计算结果写到HDFS上
	Postcondition Reduce Task执行完毕

图 2-14 Reduce 的需求规格说明

3.2. 系统非功能需求用例图

系统非功能需求的用例图，如图 2-15 所示。本实验中我们组仅考虑 JobTracker 容错和 TaskTracker 容错这两个非功能需求。

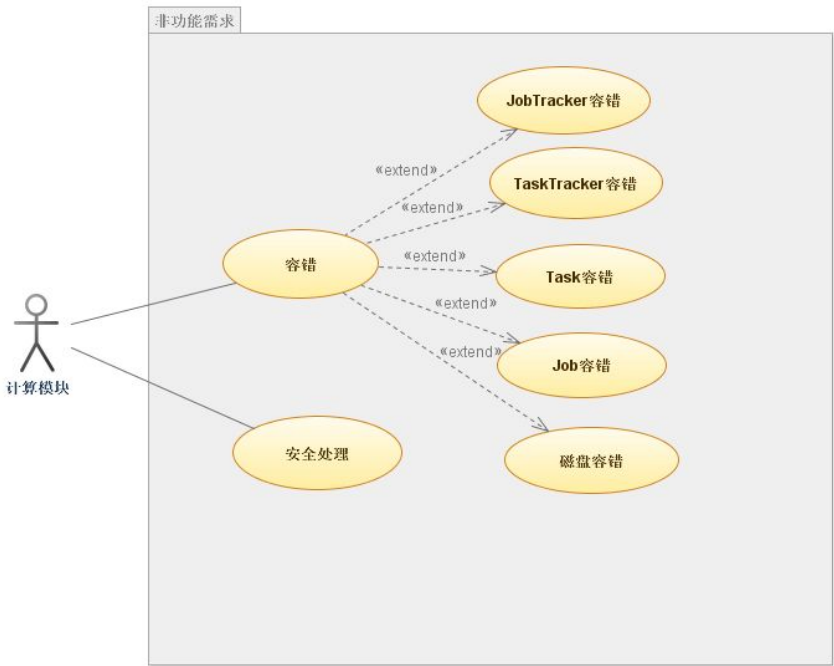


图 2-15 系统非功能需求的用例图



3.2.1. JobTracker 容错的需求规格说明

Use Case Specification	
Use Case Name	JobTracker容错
Brief Description	JobTracker容错处理
Precondition	JobTracker出现故障
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	None
Dependency	None
Generalization	None
Basic Flow (Untitled) ▼	Steps
	1 JobTracker重新启动
	2 JobTracker检查是否存在需要恢复运行状态的作业
	3 IF 存在需要恢复的作业 THEN
	4 JobTracker通过日志恢复这些作业的运行状态
	5 重新调度未完成的作业
	6 ENDIF
	Postcondition JobTracker正常运行

图 2-16 JobTracker 容错的需求规格说明



3.2.2. TaskTracker 容错的需求规格说明

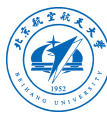
Use Case Specification	
Use Case Name	TaskTracker容错
Brief Description	TaskTracker容错处理
Precondition	TaskTracker出现故障
Primary Actor	JobTracker
Secondary Actors	TaskTracker
Dependency	None
Generalization	None
Basic Flow	Steps
(Untitled) ▼	1 JobTracker扫描存放所有TaskTracker上次心跳汇报时间的队列
	2 JobTracker发现某个TaskTracker在10分钟（通过参数配置）内未汇报心跳
	3 IF TaskTracker上有任务所属作业处于运行或等待状态 THEN
	4 将这些任务杀掉，并重新加入任务等待队列
	5 ENDF
	6 IF 任务未运行完成 THEN
	7 将这些任务杀掉，并重新加入任务等待队列
	8 ENDF
	9 IF 已经运行完成的Map任务所属作业中的Reduce任务数目不为零 THEN
	10 将这些任务杀掉，并重新加入任务等待队列
	11 ENDF
	12 JobTracker将此TaskTracker从集群移除
	Postcondition TaskTracker被移除

图 2-17 TaskTracker 容错的需求规格说明

4. 软件、硬件要求

4.1. 软件要求

操作系统：Linux 操作系统。
其他要求：下载好 Hadoop 源码。



4.2. 硬件要求

3 台 PC 机，要求内存 4G 以上，存储空间 100G 以上。