



# MapReduce 在气象数据传输时效统计中的应用

## 摘要

气象数据的传输时效保障已成为探测和信息部门的重要工作之一,快速统计各类数据到报率和及时率成为一项迫切需求.基于 MapReduce 编程模型设计了各类数据到报率和及时率的算法,在 Hadoop 平台上利用该算法实现了各类数据的逐日到报率和及时率的统计,选择文本方式和 Sequence File 方式作为 MapReduce 计算模型的输入数据源进行对比试验.试验结果表明,Sequence File 作为数据源能更好地提升 MapReduce 并行运算的性能.

## 关键词

MapReduce; 数据传输; 时效; 到报率; 及时率

中图分类号 P315.69

文献标志码 A

收稿日期 2016-04-08

资助项目 公益性行业(气象)科研专项(GYH Y201206031)

## 作者简介

赵文芳,女,硕士,高级工程师,主要研究方向为信息技术在气象数据管理与服务中的应用,yoyozwf@sina.cn

刘旭林(通信作者),男,硕士,研究员,研究方向为高性能计算、软件架构、数据挖掘及知识发现.liuxl@cma.gov.cn

1 北京市气象信息中心,北京,100089

2 北京市气象探测中心,北京,100089

3 内蒙古气象信息中心,呼和浩特,010051

## 0 引言

气象数据是气象预报和气象科学研究的基础.近年来,随着气象业务进一步现代化,气象数据呈几何倍数增长.气象预报业务对观测资料的依赖越来越高,中国气象局在“十三五”规划中明确提出了要实现观测数据 1 min 内到达预报员桌面的要求.目前,探测技术和通信手段的飞速发展已经实现了数据的连续观测和自动上传,确保了观测数据的规范可靠,在提高观测的准确性和实时性方面进展很大,而且能大大减轻业务人员的工作量,提高工作效率<sup>[1-3]</sup>.及时统计各类数据到报率和及时率能更好地辅助气象站点的运行监控工作,依据到报率和及时率分析各类数据在传输、处理环节的耗时能帮助数据业务流程的优化,提高数据到达预报员桌面的时效.对各类数据的传输时效保障已成为探测和信息部门的重要工作之一.因此,探讨如何快速地计算各类数据的传输时效是气象业务的一项迫切需求,而利用大数据技术实现这类计算,在当前具有很好的研究意义.

MapReduce 是一种面向大规模数据处理的并行计算模型和方法,广泛应用于很多大规模数据处理问题.2004 年,称为 Hadoop 的开源 MapReduce 并行计算框架和系统诞生了,并成为 Apache 开源组织下最重要的项目,自其推出后很快得到了全球学术界和工业界的普遍关注,并得到推广和普及应用.随着 Hadoop 分布式架构解决方案越来越成熟,气象部门已经逐渐意识到可以依靠 Hadoop 技术解决目前业务和科研中的气象数据计算、存储和检索的一些时效问题,并进行了一些尝试性的探索试验.例如,中国气象局国家气象信息中心开展了基于 MapReduce 计算模型开展气象资料处理调优试验<sup>[4]</sup>、基于 Hbase 建立了气象地面分钟数据分布式存储系统<sup>[5-6]</sup>,并开展了 Hadoop 在气象数据密集型领域的应用试验<sup>[7]</sup>,广东省气象局信息中心也在 Hadoop 平台上实现了数值预报产品的服务<sup>[8]</sup>.

本文以 2015 年中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 70 周年纪念活动(2015 年 7 月 29—9 月 3 日)期间的气象数据传输日志文件为数据源,基于 Hadoop 平台的 MapReduce 计算框架实现了各类数据逐日到报率和及时率的自动统计,并选择不同数量的文件进行 MapReduce 耗时对比试验.试验结果表明,将 Sequence File 格式文件作为 MapReduce 计算模型的数据源能更好地提升 MapReduce 并行运算的性能.

## 1 重大活动期间气象数据业务传输模式

根据中国气象局对中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利 70 周年纪念活动气象观测保障任务的要求,从 2015 年 7 月底启动北京周边多项探测数据的加密观测,并于 7 月 29—31 日、8 月 21 日进行二次重大活动气象服务演练活动,演练结束后及时上报各项数据的到报率和及时率。此外,这些数据还需要进行快速处理,为北京市气象局内的业务系统和预报平台提供实时的数据服务,以便预报员和决策服务人员能第一时间用到这些数据。具体的观测任务包括北京及周边 6 个站的高空加密观测,京津冀国家级站开展的加密人工观测、云雷达观测、移动 X 波段雷达观测、卫星加密观测和天气雷达加密观测,同时增加京津冀 10 部风廓线雷达、4 部微波辐射计的数据共享。所有的北京周边数据遵循省级共享业务规则通过新一代国内气象通信系统实现数据的实时交换,北京本地数据则遵循局内现有的业务传输和处理规则进行及时的预处理并提供数据服务,每一类数据存放一个目录。具体的数据传输流程如图 1 所示。

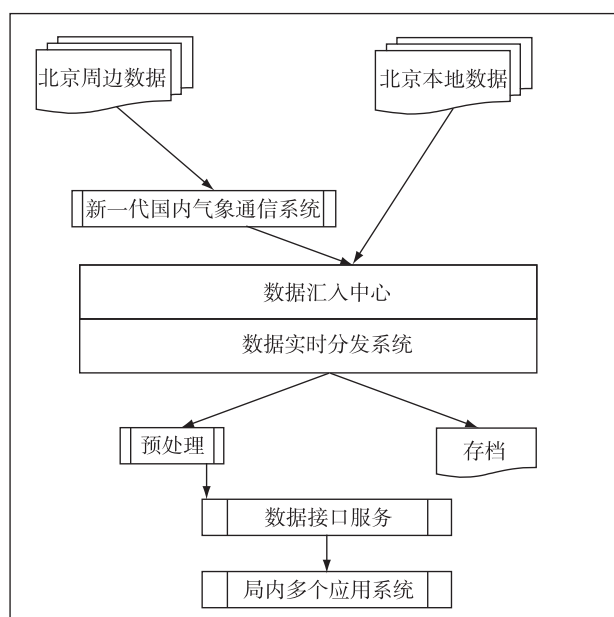


图 1 气象数据传输流程

Fig. 1 Meteorological data transferring workflow

从图 1 中可以看出,所有的数据先进入“数据汇入中心”,然后由数据实时分发系统触发后续的存档、预处理和数据服务工作,从而完成数据传输、处理、服务全流程业务任务。数据实时分发系统是基于消息事件模式的,监听数据汇入中心所有的文件目录,一旦发现新文件到达就会自动启动预先定义的

处理线程完成后续的工作,而所有数据到达服务器的相关信息则由“数据汇入中心”服务器的 FTP 服务日志记录并按日期每天生成一个日志文件。这些日志文件就是本文开展研究和试验的数据源,遵行标准是 VSFTPD(Very Secure FTP Daemon)类型的日志格式。

## 2 数据传输时效的算法设计

### 2.1 传统方式下的算法设计

目前,统计数据到报率和及时率比较常见的方法就是将数据到达服务器的相关状态信息(例如文件大小、文件目录、文件传输速度等)写入数据库中,然后建立不同的查询条件通过计算得出统计结果。新一代国内气象通信系统的传输时效计算,也是通过更新数据库中某类资料的传输时效状态字,由底层线程定时对这些状态字进行统计得出传输及时率<sup>[9]</sup>的。由此可见,具体的算法步骤应该包括:

- 1) 建立数据库表,包括到报率和及时率相关的数据表;
- 2) 逐行解析 FTP 日志文件,将有效信息写入相关数据表;
- 3) 从数据库表中查询某段时间内某类数据实际到达的文件总数,除以应该到达的文件总数,计算的结果就是到报率;
- 4) 及时率的计算稍微复杂一些,以自动站为例计算某个观测时次的及时率,首先需要计算出每个站实际到达时间与观测时间之间的时间间隔,然后将时间间隔按照 1、2、3、4、5 min 以及大于 5 min 6 个级别分类,再用每个级别的时间间隔包含的站的总数除以总站数,即可得到 6 个不同级别的及时率。

### 2.2 基于 MapReduce 计算模型的算法设计

“数据汇入中心”服务器上的 FTP 日志文件记录的是所有数据的传输信息,一共有 83 类数据,而和重大活动相关的数据是 17 类,在设计算法的时候需要考虑将不相关的日志信息过滤掉。

#### 2.2.1 文本输入方式的算法设计

以文本输入方式作为数据源基于 MapReduce 的及时率算法步骤应该包括:

- 1) 建立一个文本文件命名为 filter\_dir.text,逐行输入和重要活动相关的数据存放目录,并将文件传输到 HDFS 文件系统某个目录下;
- 2) 重构 Map 类的 setup 函数,用于解析 filter\_dir.text 内容;

3) 在 Map 任务解析文件过程中,如果文件目录属于重大活动相关的类别,开始获取文件的观测时间和到达时间并计算时间间隔,选择“文件目录+观测时间+时间间隔”的组合作为 Map 函数处理输出结果 (key, value) 的 key, 定义一个 Int 类型的变量 one, 设置值为 1 作为 value, 即将结果以 (文件目录+观测时间+时间间隔, 1) 的格式进行输出;

4) 在 Reduce 阶段,会自动算出每个“文件目录+观测时间+时间间隔”key 出现的次数,除以该观测时间应到文件总数,得出的结果就是及时率。

### 2.2.2 Sequence File 输入方式的算法设计

以 Sequence File 方式作为数据源的到报率和及时率算法和以文本输入方式作为数据源的类似,只需要将 filter\_dir.text 文件按照 Sequence File 方式生成.另外,由于北京周边国家级自动站传输的是合报文件(一个文件中包含多个观测时次的多个站数据),不能直接使用上述的及时率算法,需要对自动站数据进行预处理生成包含每个站到达服务器的相关日志信息,才能使用上述算法。

### 2.2.3 MapReduce 计算模型的数据流程

MapReduce 计算模型的数据流程如图 2 所示。

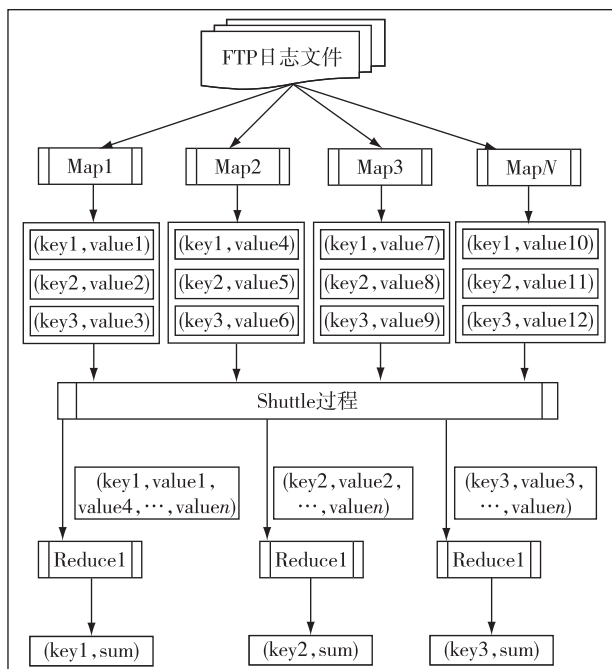


图 2 基于 MapReduce 的数据流程

Fig. 2 Data workflow based on MapReduce

### 2.3 基于 MapReduce 计算模型的算法与传统算法的对比

与传统的计算方法相比,基于 MapReduce 编写

数据传输时效算法的优越性主要体现在以下几个方面:

1) 将原本集中在一台单机上依靠顺序运行的算法改为可以并行运行,充分利用了所有的计算资源,节省了处理时间.每天的 FTP 日志文件大小大约是 413~437 MB,传统模式下单个文件的入库处理就需要 6~7 min 的耗时,而在 MapReduce 模式下全流程的处理不到 1 min.

2) 传统的处理流程涉及到数据库建表、读写数据库、数据库统计等多个环节,逻辑处理也比较复杂,基于 MapReduce 的计算流程则简单很多,只需要合理设计 Map 函数输出结果的 key 就可以完成,Map 和 Reduce 之间的中间结果不需要程序干预,80 多行代码就能完成所有工作<sup>[11-12]</sup>.

3) 充分利用 Map 函数的 setup 处理环节<sup>[13-15]</sup>,可以灵活设定需要处理的数据类别。

## 3 系统性能测试

### 3.1 测试环境

测试使用 10 台服务器构建 Hadoop 集群,每台服务器的硬件配置如表 1 所示.测试使用的 Hadoop 版本是 2.6, MapReduce 版本是 MapReduceV2,也叫 Yarn.MapReduceV2 将 JobTracker 两个主要的功能分离成单独的组件,这两个功能是资源管理和任务调度监控<sup>[16-17]</sup>.新的资源管理器全局管理所有应用程序计算资源的分配,每一个应用的 ApplicationMaster 负责相应的调度和协调.这样的设计大大减小了 JobTracker(也就是现在的 ResourceManager)的资源消耗,并且让监测每一个 Job 子任务(tasks) 状态的程序分布式化,更安全、更优美<sup>[18-19]</sup>.

表 1 Hadoop 集群中各主机硬件配置

Table 1 Configuration of host machine in Hadoop cluster

操作系统	Red Hat 4.4.7-4
CPU	Intel(R) CPU E5-2640, 主频 2.60 GHz
内存	128 GB
硬盘	SAS 300 GB×2 做的 RAID1, 用于操作系统和软件; STAT 1 TB×3 用于 Hadoop 数据存储。
网络	千兆

### 3.2 样例数据集

数据源为 2015 年 7—9 月“数据汇入中心”服务器上的 FTP 日志文件,每天一个,一共 92 个文件,数据总量约 38.3 GB.分别选取 3 h、6 h、1 d、7 d、



10 d、30 d、90 d 的文件作为数据样本,同时将这些时段的文本日志文件转为 Sequence File 格式文件,进行试验比对,样例数据的文件大小如表 2 所示.

表 2 样例数据文件大小

Table 2 File size of different sample data

时间	输入文件方式	
	文本方式	Sequence File 方式
3 h	11 MB	14 MB
6 h	84 MB	93 MB
1 d	308 MB	392 MB
7 d	2.8 GB	3.2 GB
10 d	3.1 GB	3.7 GB
30 d	12.9 GB	13.2 GB
90 d	37.9 GB	38.4 GB

### 3.3 测试方案和结果

#### 3.3.1 在其他条件不变情况下,测试文件个数对计算结果的影响

进行 3 组计算.第一组的输入数据源为单个 1 d 的 FTP 日志文件,大小为 308.4 MB,运行时间耗时 18 s, MapReduce 分解为 9 个 Map 任务和 10 个 Reduce 任务;第二组的输入数据源还是单个 1 d 的 FTP 日志文件,在程序中设置 Map 任务数为 20, Reduce 任务数为 1,运行耗时 16 s, MapReduce 分解为 9 个 Map 任务和 1 个 Reduce 任务;第三组的输入数据源是 1 d 的逐小时 FTP 日志文件(一共 24 个),程序中同样设置 Map 任务数为 20, Reduce 任务数为 1,运行耗时 24 s, MapReduce 分解为 24 个 Map 任务和 1 个 Reduce 任务.

从试验的结果可以看出, MapReduce 在执行过程中,是根据文件本身的大小来自动分配 Map 任务的个数的,程序中设定的 Map 任务数只是个参考,并没有起到决定性作用.输入的小文件个数越多,启动的 Map 任务个数也会随之增加,总体耗时反而有上升趋势.

#### 3.3.2 在其他条件相同情况下,测试计算结果随文件大小的变化

进行 4 组计算.第一组的输入数据源为文本方式的 3 h、1 d、30 d、90 d 的数据逐日到报率统计;第二组的输入数据为 Sequence File 方式的 3 h、1 d、30 d、90 d 的数据逐日到报率统计;第三组的输入数据源为文本方式的 3 h、1 d、30 d、90 d 的数据及时率统计;第四组的输入数据为 Sequence File 方式的 3 h、1 d、30 d、90 d 的数据及时率统计.试验结果分别如

图 3 和图 4 所示.

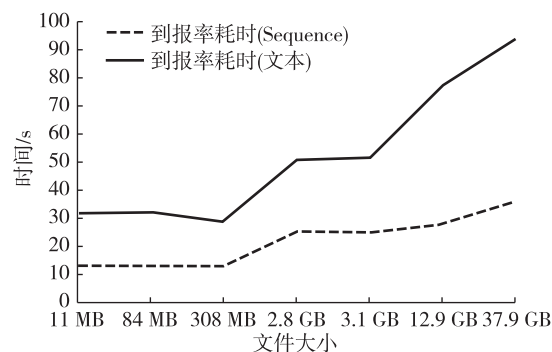


图 3 文本格式和 Sequence File 格式的到来率计算耗时对比  
Fig. 3 Comparison of time consumed for calculating the arriving ratio between text file and Sequence File

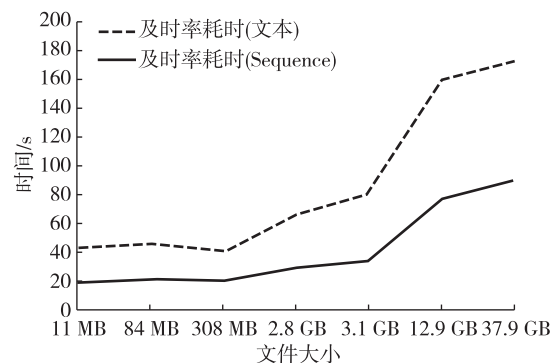


图 4 文本格式和 Sequence File 格式的及时率计算耗时对比  
Fig. 4 Comparison of time consumed for calculating the timely rates between text file and Sequence File

从图 3 可以看出,在文件大小相同情况下,基于文本方式的到来率计算耗时明显高于 Sequence File 方式的计算耗时,而且随着文件的扩大,二者耗时差异更加显著.当文件大小增加到 38 GB 时,前者耗时为后者的 2.6 倍.图 4 和图 3 类似,当文件大小增加到 38 GB 时,基于文本方式的及时率耗时是基于 Sequence File 方式的 2.4 倍. Sequence File 方式将文本数据的存储结构变化为二进制格式,使数据的表达更为紧凑,更适合作为 MapReduce 的数据输入源,从而提高了 MapReduce 的运行效率.

## 4 结论

本文以气象数据传输的 FTP 日志文件为例,在 Hadoop 平台上基于 MapReduce 实现了气象数据的到报率和及时率的统计,选择文本文件和 Sequence File 方式作为 MapReduce 的数据输入源进行对比试

验,开展了一系列的数据样例测试.测试结果表明,利用 Sequence File 对文本文件进行<key,value>的序列化后,在同一场景中的计算处理效率有明显提升.此外,本文试验是基于 Hadoop2.6 的版本,MapReduce 已经升级为 MapReduceV2,Map 任务的个数与输入文件被划分的块数量相关,在程序中自定义设置的 Map 任务数只是个参考,这一点与低版本的 MapReduce 不同.与传统的处理方式相比,基于 MapReduce 实现气象数据的到报率和及时率的统计效率更高,处理流程也简单,这种研究探索的可行性和适用性还是十分有意义的.

然而,基于 MapReduce 的计算模式适合大量离线的分析和处理,并不适用于实时的日志分析处理.另外,在本文的试验中,到报率和及时率是由 Reduce 任务直接输出以文本方式保存,查看不方便也不直观,存在一定弊端.在后续的研究工作中,将探索 flume、kafuka、Hbase 技术,将统计的到报率和及时率快速写入 Hbase 中,并利用 flume 和 kafuka 实现 FTP 日志的实时统计.

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 李雁,梁海河,孟昭林,等.自动气象站运行效能统计[J].应用气象学报,2009,20(4):504-509  
LI Yan,LIANG Haihe,MENG Zhaolin,et al.The statistic of automatic weather station's efficiency [ J ]. Journal of Applied Meteorological Science,2009,20(4):504-509
- [ 2 ] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003:133-139  
China Meteorological Administration. Specifications for surface meteorological observation [ M ]. Beijing: China Meteorological Press,2003:133-139
- [ 3 ] 中国气象局.地面气象观测数据文件和记录簿表格式[M].北京:气象出版社,2005:9-46  
China Meteorological Administration.Data file and record table format of surface meteorological observation [ M ]. Beijing: China Meteorological Press,2005:9-46
- [ 4 ] 杨润芝,沈文海,肖卫青,等.基于 MapReduce 计算模型的气象资料处理调优试验[J].应用气象学报,2014,25(5):618-629  
YANG Runzhi, SHEN Wenhai, XIAO Weiqing, et al. A set of MapReduce tuning experiments based on meteorological operations [ J ]. Journal of Applied Meteorological Science,2014,25(5):618-629
- [ 5 ] 陈东辉,曾乐,梁中军,等.基于 Hbase 的气象地面分钟数据分布式存储系统[J].计算机应用,2014,34(9):2617-2621  
CHEN Donghui, ZENG Le, LIANG Zhongjun, et al. HBase-based distributed storage system for meteorological ground minute data [ J ]. Journal of Computer Applications,2014,34(9):2617-2621
- [ 6 ] 曾乐,陈东辉,肖卫青,等.基于 Hadoop 的气象数据存储检索应用研究[J].信息系统工程,2014(8):138-140  
ZENG Le, CHEN Donghui, XIAO Weiqing, et al. Application of the storage and searching of meteorological data based on Hadoop [ J ]. China CIO News,2014(8):138-140
- [ 7 ] 肖卫青,杨润芝,胡开喜,等.Hadoop 在气象数据密集型处理领域中的应用[J].气象科技,2015,43(5):823-828  
XIAO Weiqing, YANG Runzhi, HU Kaixi, et al. Application of Hadoop in data-intensive processing of meteorological data [ J ]. Meteorological Science and Technology,2015,43(5):823-828
- [ 8 ] 李永生,曾沁,徐美红,等.基于 Hadoop 的数值预报产品服务设计平台设计与实现[J].应用气象学报,2015,26(1):122-128  
LI Yongsheng, ZENG Qin, XU Meihong, et al. Design and implementation of NWP data service platform based on Hadoop framework [ J ]. Journal of Applied Meteorological Science,2015,26(1):122-128
- [ 9 ] 林润生,孙周军,谭小华,等.新一代国内气象通信系统设计及实现[J].气象,2011,37(3):356-362  
LIN Runsheng, SUN Zhoujun, TAN Xiaohua, et al. The design and implementation of the domestic next-generation meteorological telecommunication system [ J ]. Meteorological Monthly,2011,37(3):356-362
- [ 10 ] Guha S, Hafen R, Rounds J, et al. Large complex data: Divide and recombine (D&R) with RHIFE [ J ]. Stat,2012(1):53-67
- [ 11 ] Deri L, Mainardi S, Fusco F. TSDB: A compressed database for time series [ C ] // Proceedings of the 4th International Workshop on Traffic Monitoring and Analysis, 2012:143-156
- [ 12 ] Esteves R M, Pais R, Rong C M. K-means clustering in the cloud-A Mahout test [ C ] // Proceedings of the 2011 IEEE Workshops of International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2011:514-519
- [ 13 ] Cooper B F, Silberstein A, Tam E, et al. Benchmarking cloud serving systems with YCSB [ C ] // Proceedings of the 1st ACM Symposium on Cloud computing, 2015:143-154
- [ 14 ] Han J, Song M, Song J. A novel solution of distributed memory NoSQL database for cloud computing [ C ] // Proceedings of the 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, 2011:351-355
- [ 15 ] Loochach R, Garg K. Effect of distance functions on simple K-means clustering algorithm [ J ]. International Journal of Computer Applications, 2012,49(6):7-9
- [ 16 ] Alshammari H, Bajwa H, Lee J. Hadoop based enhanced cloud architecture for bioinformatic algorithms [ C ] // IEEE Conference on Systems, Applications and Technology, 2014:1-5
- [ 17 ] Matsunaga A, Tsugawa M, Fortes J. Cloud BLAST: Combining MapReduce and virtualization on distributed

- resources for bioinformatics applications [ C ] // IEEE Fourth International Conference on eScience, 2008: 222-229
- [ 18 ] Han J, Haihong E, Le G, et al. Survey on NoSQL database [ C ] // The 6th International Conference on Pervasive Computing and Applications, 2011: 363-366
- [ 19 ] Vora M N. Hadoop-Hbase for large-scale data [ C ] // International Conference on Computer Science and Network Technology, 2011: 601-605

## Application of MapReduce in the statistic of meteorological data transferring efficiency

ZHAO Wenfang<sup>1</sup> LIU Xulin<sup>2</sup> SANG Xuezhu<sup>1</sup> WANG Linchun<sup>3</sup>

1 Beijing Meteorological Information Center, Beijing 100089

2 Beijing Meteorological Observation Center, Beijing 100089

3 Inner Mongolia Meteorological Information Center, Hohhot 010051

**Abstract** The rapid statistic of the efficiency of meteorological data transferring has become a pressing need for information center of Beijing Meteorological Bureau. In order to improve the transferring efficiency of meteorological data, an algorithm was designed based on MapReduce model for statistics of the arriving ratio and timely rate of meteorological data. The algorithm was then realized on Hadoop platform and comparative experiments were done using text file and Sequence File as input source data. Results show that the MapReduce-based algorithm performs better with Sequence File data. Compared with traditional statistic processes, the proposed algorithm is high in effectiveness and simple in process flow, thus is feasible and applicable for statistic of meteorological data transferring efficiency.

**Key words** MapReduce; data transferring; efficiency; arriving ratio; timely rate