

DOI:10.13203/j.whugis20150699



文章编号:1671-8860(2018)05-0676-08

分布式 MODIS 植被供水指数生产模型研究与实现

孟令奎¹ 朱会玲¹ 谢文君² 胡艺杰³ 张 文¹

1 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079

2 水利部信息中心,北京,100053

3 华北水利水电大学资源与环境学院,河南 郑州,450045

摘要:遥感监测已成为旱情监测的重要手段,其中植被供水指数(vegetation supply water index, VSWI)产品 是进行遥感旱情监测的重要参考依据,但其生产涉及的数据量大,处理周期长,严重影响监测数据处理的及时性。面向分布式计算环境,提出了一种基于开放服务网关协议(open services gateway initiative, OSGI)的分布式中分辨率成像光谱仪(Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)植被供水指数产品生产模型(OSGI-based VSWI distributed production model, ODPM),通过该模型将 MODIS 影像的植被供水指数产品生产算法转化成 OSGI 的 Bundle 组件,使其能够在分布式 OSGI 的平台中进行动态的部署与安装,充分利用局域网内的计算资源,实现快速的遥感数据处理与监测产品生产。利用中国 7 大流域数据对模型的稳定性进行实验,结果表明,相对传统的单机处理模式,该模型的运算速度提升 3 倍左右,内存占用减少大约 2/3 倍,并具有良好的计算稳定性。ODPM 模型在提升数据处理部门的工作效率方面具有重要意义,可在海量遥感数据处理、大范围遥感监测产品生产领域发挥显著的作用。

关键词:OSGI;ODPM 模型;旱情监测;VSWI 产品生产;分布式;内存占用;总耗时

中图法分类号:P237

文献标志码:A

近年来中国的干旱具有发生频率高、持续时间长、影响范围大等特点^[1],成为农业生产所面临的主要问题。随着遥感技术发展和遥感手段的增加,大面积实时动态监测土壤水分已成为干旱监测的一种趋势^[2]。在实时动态监测土壤水分时,植被供水指数法(vegetation supply water index, VSWI)是较常用的一种监测方法。但因干旱监测具有长期性特点,在生产植被供水指数产品时涉及的遥感数据量大、计算资源多,数据易访问性需求大^[3],耗费时间长,严重影响了产品的时效性以及监测的及时性。

开放服务网关协议(open services gateway initiative, OSGI)是由 OSGI 联盟于 1999 年提出的一种 Java 模块化架构,它提供了 Java 模块化的一般标准和解决方案。运行在 OSGI 环境的类似于 Web 容器中应用程序的组件称为 Bundle^[4],它是一个具有 JAR 格式的文件,包含了 Java 的类文件和其他资源文件。OSGI 框架以一种动态可扩展、热插拔方式管理 Bundle 生命周

期,可在任何时候对 Bundle 进行安装、启动、更新、停止和卸载^[5]。基于中间件的 OSGI 技术提供了一个面向服务、基于组件的开发环境,并提供标准化的方式来管理整个软件生命周期^[6]。为那些需要长时间运行、动态更新并且对运行环境的影响尽可能小的系统提供了很好的支持。基于 OSGI 开发的系统具有复杂度低、动态部署、高可复用性、可持续运行等特点,得到越来越多的关注和认同。

本文结合 OSGI 框架规范化、模块化、支持服务的动态部署与安装以及服务生命周期管理等特点,提出了一种基于 OSGI 的分布式 VSWI 产品生产模型(OSGI-based VSWI distributed production model, ODPM),即在 VSWI 产品生产引入 OSGI 服务的思想,将 VSWI 产品生产算法封装成 OSGI 中的组件 Bundle,并将 VSWI 产品生产流程封装成 Bundle 中的服务,使其能够在 OSGI 的平台中进行动态的部署与安装,通过调用不同节点上的服务将 VSWI 产品生产任务分

收稿日期:2016-03-15

项目资助:国家重点研发计划(2017YFC0405806);高分辨率对地观测系统重大专项(民用部分)(08-Y30B07-9001-13/15)。

第一作者:孟令奎,教授,主要从事遥感和地理信息系统研究。lkmeng@whu.edu.cn

通讯作者:张文,博士,讲师。wen_zhang@whu.edu.cn

发到局域网内不同的计算机上进行处理。该模型有助于节省运算时间,提高效率,同时减少海量数据处理时的内存占用量。

1 ODPM 基本原理

1.1 VSWI 产品生产算法并行及 Bundle 化机制

1.1.1 算法描述

VSWI 法是一种综合利用归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)和地表温度(land surface temperature, LST)的干旱监测方法。根据植被供水指数的原理^[7], VSWI 越小,表明土壤水分越小;反之,土壤水分越大。其定义为:

$$\begin{cases} P_{VSWI} = P_{NDVI} / P_{LST} \\ P_{NDVI} = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R) \\ P_{LST} = A_0 + A_1 T_{31} - A_2 T_{32} \end{cases} \quad (1)$$

式中, P_{VSWI} 为 VSWI 的值; P_{NDVI} 为 NDVI 的值; P_{LST} 为 LST 的值; ρ_{NIR} 表示近红外波段数值; ρ_R 表示可见光红波段数值。在 MODIS 影像的 VSWI 产品生产中,植被冠层温度的计算采取的是分裂窗算法, T_{31} 、 T_{32} 分别是 MODIS 影像第 31 和 32 波段的亮度温度, A_0 、 A_1 、 A_2 是分裂窗算法的参数,定义为:

$$\begin{cases} A_0 = E_1 a_{31} - E_2 a_{32} \\ A_1 = 1 + A + E_1 b_{31} \\ A_2 = A + E_2 b_{32} \end{cases} \quad (2)$$

式中, a_{31} 、 a_{32} 、 b_{31} 、 b_{32} 为常数,在地表温度 $0 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内分别可取 $a_{31} = -64.603 \ 63$, $a_{32} = -68.725 \ 75$, $b_{31} = 0.440 \ 817$, $b_{32} = 0.473 \ 453$; 其他中间参数定义见式(3)。

本文将上述的中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer, MODIS)的 VSWI 产品生产算法用 IDL 语言进行实现,并将其 Bundle 化。

$$\begin{cases} A = D_{31} / E_0 \\ E_1 = D_{32} (1 - C_{31} - D_{31}) / E_0 \\ E_2 = D_{31} (1 - C_{32} - D_{32}) / E_0 \\ E_0 = D_{32} C_{31} + D_{31} C_{32} \\ C_i = \varepsilon_i \tau_i(\theta) \\ D_i = (1 - \tau_i(\theta))(1 + (1 - \varepsilon_i) \tau_i(\theta)) \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\tau_i(\theta)$ 为波段 i 在视角 θ 下的大气透过率^[8]; ε_i 为波段 i 的地表比辐射率^[9], 其中 $i = 31, 32$ 。

1.1.2 串行算法并行化机制

遥感影像的并行化处理主要是识别出算法中

可以进行并行处理的计算部分,采用并行程序设计模型来设计整个处理流程,即将处理流程分解为多个相互独立的任务,并确定这些任务之间的相互依赖关系^[10]。常用的分解方法有任务分解、数据分解和数据流分解^[11]。VSWI 产品生产算法中 NDVI 计算以及 LST 的计算属于并行不相关业务,但最终的 VSWI 产品生产与上述两步结果紧密相连。就整体而言, VSWI 产品生产算法具有显著的流水线并行性与邻域性,即上一阶段的输出是下一阶段的输入。针对此特点,任务分解与数据流分解两种方法涉及大量的数据传输,本文采用数据分解的方式对算法作并行化处理。

1) 当生产单幅影像的 VSWI 产品时,首先将输入影像规则的分割为 n 块,保证每相邻两块之间有重叠区域(如图 1(a)所示),每块影像分发到不同的节点的同时进行相同的处理,最后,处理后的影像块再拼接为整幅输出影像。

2) 当生产某一地区或某一流域的 VSWI 产品时,因生产过程所涉及的遥感数据量大,图幅数多(如图 1(b)所示),所以不对遥感影像进行分割,每幅影像都作为输入影像分发到不同节点进行相同处理,处理后的影像进行拼接、裁剪,最终获取生产地区或流域的 VSWI 产品。如式(4)所示。

$$D_{vswi} = P_{1vswi} + P_{2vswi} + \dots + P_{ivswi} + \dots - d_{vswi} \quad (4)$$

式中, D_{vswi} 为生产地区的 VSWI 产品; P_{ivswi} 为第 i 幅影像的 VSWI 产品; d_{vswi} 为生产地区边界以外的 VSWI 产品; 式中的“+”表示不同幅影像之间的拼接操作,“-”表示按照边界进行的裁剪操作。

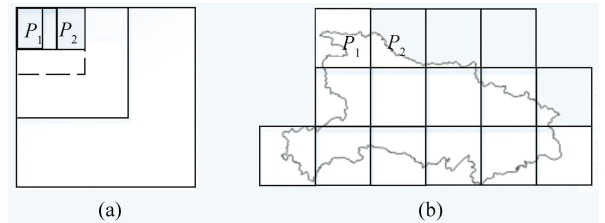


图 1 遥感影像分割及覆盖示意图

Fig.1 Division and Cover of Remote Sensing Image

1.1.3 串行算法 Bundle 化机制

实现 VSWI 产品生产算法的并行化处理,需将算法封装成 OSGI 环境下的 Bundle 组件。本文中的 VSWI 产品生产算法的 Bundle 化机制是利用代理及打包工具将 1.1.1 节所述的 VSWI 产品生产算法文件转换为 OSGI 框架中的 Bundle 组件,并将产品的生成流程封装成 Bundle 组件中

的服务。通过对 Bundle 组件的安装与启动注册 VSWI 产品生产服务,进而调用该服务实现 MODIS 影像的 VSWI 产品生产,并且利用 Bundle 组件的分发备份实现 1.1.2 节中的算法并行化处理。

Bundle 化的实现机制主要分为对服务的调用和服务的实现两部分,其中,服务的实现是整个 Bundle 化机制的核心。对服务的调用是利用反射机制获取 Bundle 组件中已注册服务的输入参数和类型,输入参数主要包括输入影像以及输出影像存储位置等,通过输入相应的参数对服务进行调用。服务的实现主要存在于 Bundle 组件的实现类中,在该类中利用 Java 的 cmd 命令行调用遥感图像处理软件的处理进程对算法文件进行编译和运行,进而完成 VSWI 产品的生产过程。

首先将 VSWI 产品生产算法文件上传至平台中,进行服务解析以获取服务的名称、类型以及输入参数的类型和数量;随后 Bundle 化代理根据

解析出的结果生成 Bundle 文件、元数据文件,以及打包工具 ant 必须的 XML 文件;最后利用打包工具 ant 将生成的文件按照 XML 文件中的描述打包成系统所需要的 Bundle。

1.2 OSGI 的分布式扩展方法

OSGI 的设计初衷是为服务网关提供解决方案,这使得其只能在单个的 Java 虚拟机上构建动态模块化系统,在一个 OSGI 框架中发布的服务是无法被其他 OSGI 框架发现和使用的^[12]。OSGI 分布式扩展是指将分布式计算技术与 OSGI 框架融合,使之能够支持跨多虚拟机的异构分布式处理^[13]。现有的 OSGI 分布式拓展技术主要有 D-OSGI、StarOSGI、R-OSGI 等方法。本文选取了 R-OSGI 作为 OSGI 的分布式拓展技术,R-OSGI 使用服务定位协议(service locator protocol,SLP)进行远程服务的发布和定位,需要服务消费者进行自定义,如图 2 所示。

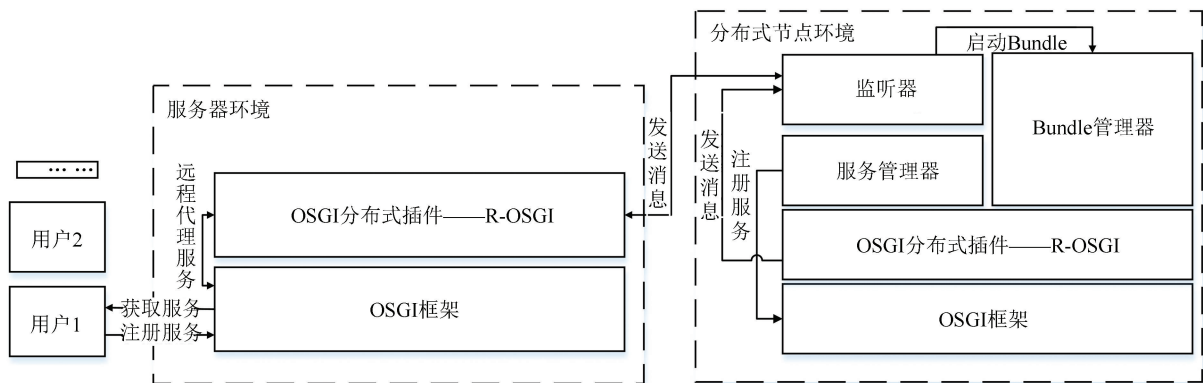


图 2 OSGI 分布式拓展架构图

Fig.2 Distributed Framework of OSGI

在分布式节点上,除了部署 R-OSGI 框架所必须的 Bundle 以外,本文定义了监听器、Bundle 管理器、服务管理器 3 个 Bundle 与 R-OSGI 进行交互。其中,监听器主要用于监听服务器与分布式节点之间的通信,接收服务器上传的 Bundle,并将其存入指定路径;Bundle 管理器主要负责管理 Bundle 的生命周期,响应服务器对远程 Bundle 的相关操作,并将 Bundle 状态返回服务器;服务管理器为远程服务调用生成代理,以保证远程调用的顺利进行,并将远程服务调用的响应时间、执行时间,以及内存占用情况等信息发回服务器,以便于服务器对远程服务进行监控与管理。

2 ODPM 模型原型实现与分析

2.1 原型系统设计

基于 OSGI 的服务支撑平台是基于 OSGI 规范建立的一个用于管理遥感图像处理服务,以及 OSGI 标准服务的平台。平台选用 Felix 框架作为其 OSGI 框架,为遥感图像处理服务的注册、发布提供一种统一的管理方式,并支持服务的自动安装和部署。除此之外,平台还提供了完善的容错机制,如果有服务发生错误,平台会通过代理机制进行容错,以保证服务正常进行。

基于 OSGI 的服务支撑平台是一个分布式作业的集中式资源管理系统,通过整合局域网内的若干台计算机,由一台机器作为中央管理器,同时也同其他计算机一样作为作业的提交者和执行者,也可以方便用户共享平台中的所有服务,其系统架构图如图 3 所示,考虑到实际处理中使用节点配置的差异性,选取节点信息如表 1 所示。将平台应用于分布式遥感图像处理,可以充分利用网络中的计算资源,节省运算时间,并利用平台的容错机制对图像处理的中间过程进行保存,以便及时恢复。

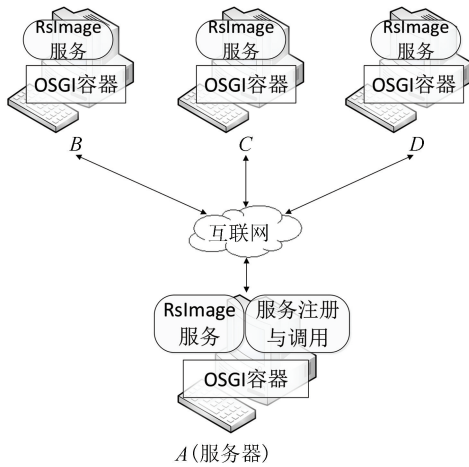


图 3 原型系统架构图

Fig.3 Framework of Prototype System

表 1 节点信息表

Tab.1 Nodes Information

节点编号	操作系统	处理器	内存
节点 A (服务器)	Windows64	AMD II × 4 955	4 GB
节点 B	Windows32	Intel(R) i3-M330	2.31 GB
节点 C	Windows64	Intel(R) i7-4510U	8 GB
节点 D	Windows64	Intel(R) i7-3770	4 GB

2.2 实验思路

为验证平台在分布式 MODIS 植被供水指数产品生产中的效率和作用,实验选取了 3 幅分辨率为 1 km 的 MODIS 反射率影像产品和热辐射影像产品作为输入数据,分别为 2014 年 10 月 7 日的第 440 景数据 2014-10-07.440 和第 445 景数据 2014-10-07.445,以及 10 月 21 日的第 315 景数据 2014-10-21.315。以每幅影像的 VSWI 产品生产为例进行验证,如图 4 所示。实验主要步骤如下:

- 1) 将 VSWI 算法 Bundle 化,并将其分发到 4 个节点上备用。
- 2) 将每一幅影像分幅裁剪成 4 份(如 1_440,

2_440, 3_440, 4_440),本文称其为分幅影像,其中相邻的两份分幅影像之间均有重叠区域,以便后期拼接。

3) 分别调用分布在 4 台节点上的图像处理服务对上一步骤中裁剪所得的分幅影像进行处理。为提高实验的准确性,本次实验分别针对每一分幅影像进行 4 次处理,记录其服务调用的响应时间、执行时间和内存占用值,并计算其总耗时平均值以及内存占用最大值,其中响应时间与执行时间的总和即为总耗时。

4) 调用分布在节点 B 上的图像处理服务对每幅完整影像进行 4 次处理,记录其服务调用的响应时间、执行时间和内存占用值,并计算总耗时平均值以及内存占用最大值。

5) 利用节点 B 上的影像可视化环境(environment for visualizing images, ENVI) + 交互式数据语言(interactive data language, IDL) 软件环境对每幅完整影像按照原始方法进行 4 次处理,记录其总耗时和内存占用的平均值。

6) 对比分析获取的数据,得出结论。

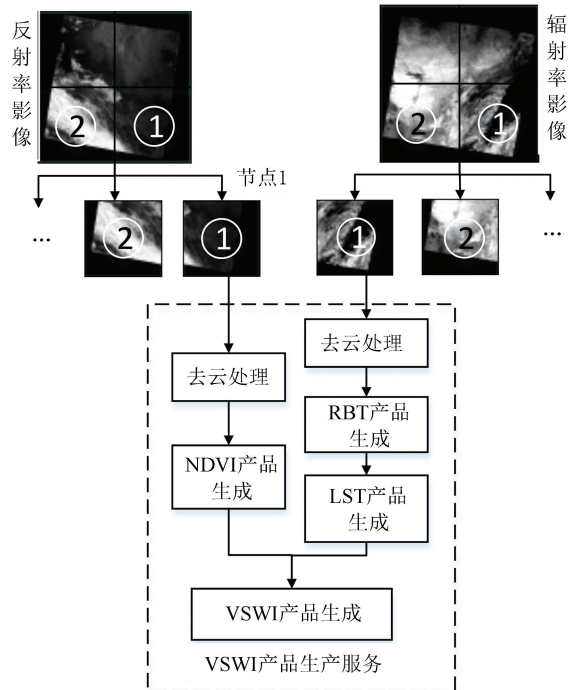


图 4 VSWI 产品生成流程图

Fig.4 Flowchart of VSWI Product Generation

2.3 实验结果与分析

实验将每幅影像裁剪成 4 份进行多次处理,其分幅执行的响应时间、执行时间和内存占用平均值如表 2 所示。在分幅执行的过程中,2014-10-07.440 影像的 VSWI 产品生产总耗时为 29.205 s,内存占用最大值为 65.6 MB; 2014-10-

07.445 影像的 VSWI 产品生产总耗时为 27.186 s,内存占用最大值为 68.8 MB;2014-10-21.315 影像的 VSWI 产品生产总耗时为 23.849 s,内存占用最大值为 61.5 MB。

表 2 分幅执行结果

Tab.2 Results of Partitioning

影像序号	影像大小/MB	分幅编号	响应时间/s	执行时间/s	内存占用/MB
2014-10-07.440	368	1_440	0.226	20.303	65.6
		2_440	0.333	28.872	43.8
		3_440	0.382	14.158	35.8
		4_440	1.075	6.794	39.1
2014-10-07.445	369	1_445	0.299	24.146	68.8
		2_445	0.570	26.616	45.9
		3_445	0.251	14.700	37.2
2014-10-21.315	343	4_445	0.836	7.340	38.8
		1_315	0.240	16.466	61.5
		2_315	0.685	23.164	41.1
		3_315	0.209	13.017	36.1
		4_315	0.891	6.219	38.3

除分幅执行以外,实验还选用了整幅处理以

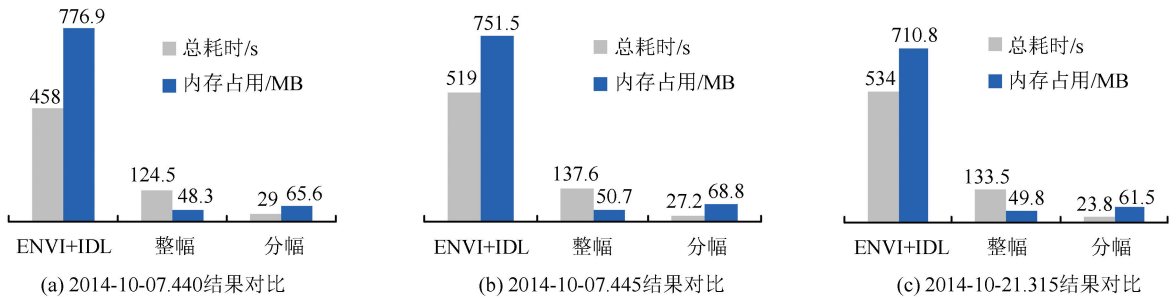


图 5 性能对比图

Fig.5 Performance Comparison

3 旱情监测中 ODPM 应用实例

遥感旱情监测是指通过遥感数据对土壤水分以及地表信息进行观测,是当前大面积旱情监测的主要技术手段之一。目前,应用较为广泛的遥感旱情监测方法主要有 4 类^[14]:基于土壤热惯量的旱情监测方法、基于土壤波谱特征的旱情监测方法、基于蒸散发模型的旱情监测方法和基于植被指数的旱情监测方法。其中,基于植被指数的旱情监测方法容易受植被覆盖率及其他因素的影响,不同的植被覆盖率通常采用不同的植被指数进行监测^[15]。植被供水指数是一种综合植被指数,它考虑了植被在红光、近红外、热红外下对干旱的不同的反应^[16],适用于植被覆盖度较高、下

及使用 ENVI+IDL 环境对整幅影像进行传统处理两种方法,其结果可用图 5 所示的图形表示。可以看出,基于 OSGI 的服务支撑平台在生产 MODIS 影像产品时具有时间和内存占用双重优势。其整幅处理计算速度相比于传统的 ENVI 处理提升 4 倍左右,内存占用减少 15 倍左右;分幅处理计算速度相比于整幅处理提升 4~5 倍,内存占用相差不大。

实验结果验证了 ODPM 模型以及 OSGI 服务支撑平台在分布式 VSWI 产品生产中的效率和作用,很大程度上解决了在旱情监测中处理海量遥感数据获取 VSWI 产品时耗时多、内存占用大、对计算机性能要求高的问题。另外,基于 OSGI 框架开发的 OSGI 服务支撑平台为系统的动态扩充、系统功能修改等提供了支撑,并为 VSWI 产品生产服务带来了规范化、统一化的组织方式。在实际生产中,使用者可以简单方便地对平台中的服务进行扩充,如 MODIS 影像处理服务、环境星影像处理服务以及高分影像处理服务等。

垫面裸露或处于植被生长季的地区^[17]。国内外利用植被供水指数进行旱情监测的研究从未终止^[18-21]。本文应用实例以中国 7 大流域为研究区,选取 MODIS 数据 V005 版本的 MOD021KM 数据,研究区域共涉及 2015-07-26 和 2015-07-27 共 51 景数据。首先,对每一景数据分别利用传统软件(ENVI+IDL)和 ODPM 模型进行 VSWI 产品生产,进行产品生产时,为保证与传统方法具有一致性,选取与传统方法相同的节点进行生产;然后,将处理完的各流域数据进行拼接裁剪以获取各流域旱情分布情况。经过多次实验分析所得 ODPM 模型与传统软件生产方法在生产 7 大流域数据时的对比结果如表 3 所示,其中长江流域 2015-07-26 旱情分布情况如图 6 所示。

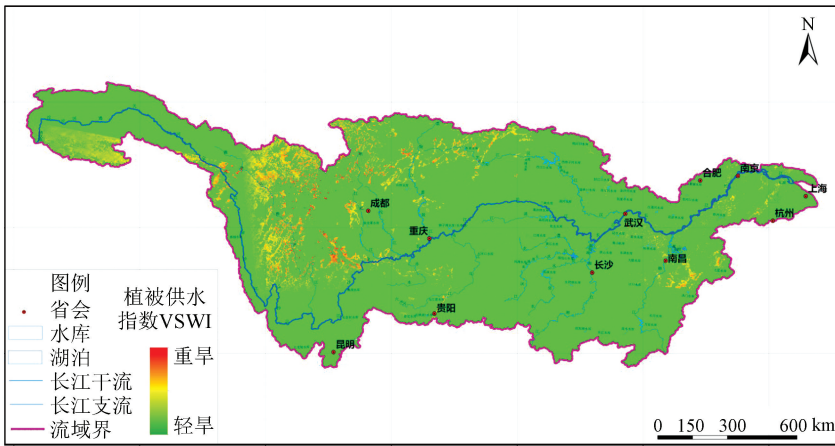


图 6 2015 年 7 月 26 日长江流域旱情分布示意图

Fig.6 Drought of the Yangtze River Basin in July 26, 2015

表 3 ODPM 模型与传统方法对比结果

Tab.3 Results Comparison of ODPM and Traditional Method

研究区域	数据 /景	ODPM 模型		传统方法	
		总耗时 /min	内存占 用/MB	总耗时 /min	内存占 用/MB
太湖流域	2	21.87	273.7	100.35	646.0
淮河流域	4	44.78	273.7	135.05	646.0
海河流域	6	78.77	273.7	197.55	988.3
珠江流域	9	96.27	273.7	252.27	646.0
黄河流域	9	117.23	273.7	256.90	988.3
长江流域	10	117.88	273.7	349.75	767.7
松辽流域	11	229.62	338.5	432.40	1 081.6

由表 3 可见,在 7 个流域的 VSWI 产品生产 中,ODPM 模型的处理速度比传统方法提高 2~3 倍,内存占用减少 2/3 左右。ODPM 模型有效降 低了数据处理时耗费时间长和硬件需求高的问 题,在提升产品生产部门效率方面有突出作用。

在长江流域 VSWI 产品生产过程中分别对 两种生产方法每隔 3 min 记录一次其内存占用情 况,可得到 ODPM 模型与传统软件生产方法在处 理一景遥感数据时内存变化情况(见图 7)。

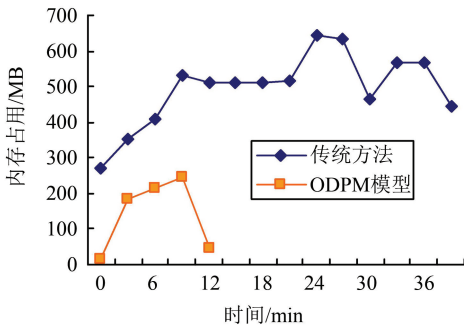


图 7 单景数据处理时间与内存占用对比图

Fig.7 Time Consume and Memory Size Comparison of One Scene Data Processing

对以上数据进行分析可得,当产品生产尚未 开始时,即 $t=0$ 时,传统方法已有 273 MB 左右 的内存占用,说明在处理数据时,传统方法的内存 占用主要包括两部分:一部分是传统方法所用软 件本身的内存占用,另外一部分才为数据生产所 耗用的内存。但是利用软件进行产品生产,其本 身的内存占用不可避免,所以造成数据生产时对 硬件的需求高,否则,将很容易出现电脑死机或未 响应状态,影响产品的生产,增加时间成本。但是, 利用 ODPM 模型进行生产时,只有在调用影像 处理服务时,开始占用系统内存,且只调用 idl- rt.exe 执行操作,所占用内存大大减少,速度也大 幅提升。

4 结 语

随着遥感数据量的日益增大、遥感技术在各 领域的广泛应用,以及自然灾害的日益频发,当今 社会对于海量遥感数据的快速处理,以及时效性 需求越来越大。而传统意义上的手工作业人力耗 费大、资源占用多、耗费时间长,已不能满足需求, 亟需可以大幅提高作业效率的计算模式。本文中的 基于 OSGI 的分布式遥感图像处理平台可以在 影像产品生产时,通过整合局域网内的多个节点, 充分利用局域网内的计算资源,通过 ODPM 模型 将影像处理算法进行 Bundle 化,以及对影像数据 的裁剪大幅提升其运算速度,减少内存占用,在遥 感应急监测方面具有显著意义,对于提升数据处 理部门的工作效率有重要作用,可为农业、气象部 门的决策和生产提供有效的技术支持。

参 考 文 献

- [1] Xu Huanying, Jia Jianhua, Liu Liangyun, et al. Drought Monitoring in Huang-Huai-Hai Plain Using the Multi-Drought Indices [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2015, 30(1): 25-32 (徐焕颖, 贾建华, 刘良云. 基于多源干旱指数的黄淮海平原干旱监测[J]. *遥感技术与应用*, 2015, 30(1): 25-32)
- [2] Guo Meichen, Hu Zhuowei. Study on Rapid Method for the Extraction of Vegetation Supply Water Index Based on Environmental Disaster Satellite[J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 2012, 40(6): 3 770-3 772 (郭美辰, 胡卓玮. 环境减灾卫星快速提取植被供水指数产品的方法研究[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(6): 3 770-3 772)
- [3] Hu Jin, Meng Xiaoliang. Web-Based Remote Sensing Image Processing Tools: A Study of Change Detection Using Landsat Imagery[M]. Berlin: Springer-verlag, 2013
- [4] Zhao Ying, Chengliang. Design of Data Middleware for Mobile Campus Based on Osgi and Restful[J]. *J. Huazhong Univ. of Sci. & Tech. (Natural Science Edition)*, 2013(S2): 127-130 (赵英, 程良. 基于 OSGi 和 RESTful 技术的移动校园数据中间件的设计[J]. *华中科技大学学报(自然科学版)*, 2013(S2): 127-130)
- [5] Qian Li, Zhang Xiaolin, Li Chunwang. Research and Application of Science Intelligence Analysis Integrated Services Architecture Using OSGi [J]. *Modern Technology of Library and Information*, 2014, 12: 62-70 (钱力, 张晓林, 李春旺. 利用 OSGi 的科技情报分析集成服务架构研究与应用[J]. *现代图书情报技术*, 2014, 12: 62-70)
- [6] Xian Guojian, Zhao Ruixue, Kou Yuantao. Architecture Design and Implementation of the Application and Demonstration System of Knowledge Services Based on OSGi[J]. *Digital Library Forum*, 2012(12): 39-43 (鲜建国, 赵瑞雪, 寇远涛. 基于 OSGi 的知识服务应用示范系统体系架构设计与实践[J]. *数字图书馆论坛*, 2012(12): 39-43)
- [7] Liang Yun, Zhang Feng, Han Tao. Monitoring Soil Humidity by Using EOS/MODIS VSWI Product in Qingyang [J]. *Arid Meteorology*, 2007(1): 44-47 (梁芸, 张峰, 韩涛. 利用 EOS/MODIS 植被供水指数监测庆阳地区的土壤湿度[J]. *干旱气象*, 2007(1): 44-47)
- [8] Etxaniz O, Solaberrieta E. Digital Modelling of a Human Skull[J]. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2008, 27: 55-58
- [9] Wang Limei, Jiang Yongtao, Sun Lin. Inversion Surface Temperature Use Split Window Algorithm Based on MODIS [J]. *Geospatial Information*, 2011(6): 99-100 (王丽美, 姜永涛, 孙林. MODIS 分裂窗算法反演地表温度[J]. *地理空间信息*, 2011(6): 99-100)
- [10] Yang Jingyu. The Technology and Realize Method of RS Image Parallel Process Base on GPU [D]. Zhengzhou: The Information Engineering University, Zhengzhou, 2008 (杨靖宇. 遥感影像 GPU 并行化处理技术与实现方法[D]. 郑州: 信息工程大学, 郑州, 2008)
- [11] Li Baofeng, Fu Hongyi, Li Tao. Multicore Multithreaded Programming Technology Through a Software Performance (Translate)[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2007 (李宝峰, 富弘毅, 李韬. 多核程序设计技术—通过软件多线程提升性能(译)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007)
- [12] Zhou Feng. Researches on OSGi-Based Distributed Service Sharing Middleware[D]. Changsha: Hunan University, 2013 (周峰. 基于 OSGi 的分布式服务共享中间件研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013)
- [13] Wu Yuanli, Zhang Zhuxi, Yang Hongqiao. Research and Development of Distributed OSGi [J]. *Application Research of Computers*, 2010, 11: 4 010-4 014 (吴元立, 张曷熹, 杨宏桥. 分布式 OSGi 研究与发展[J]. *计算机应用研究*, 2010, 11: 4 010-4 014)
- [14] Wang Litao, Wang Shixin, Zhou Yi. Advances and Application Analysis of Drought Monitoring Using Remote Sensing [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2011(6): 1 315-1 330 (王丽涛, 王世新, 周艺. 旱情遥感监测研究进展与应用案例分析[J]. *遥感学报*, 2011(6): 1 315-1 330)
- [15] Wang Fuqiang, Huo Fenglin, Zhang Gongjin. Progress on Agricultural Drought Monitoring by Remote Sensing [J]. *Journal of Water Resources Research*, 2013, 2(3): 206-212 (王富强, 霍风霖, 张功瑾. 中国农业干旱遥感监测方法研究进展[J]. *水资源研究*, 2013, 2(3): 206-212)
- [16] Huang Youxin, Liu Xiuguo, Shen Yonglin. Assessment of Agricultural Drought Indicators Impact on Soybean Crop Yield: A Case Study in Iowa, USA [C]. The Third International Conference on Agro-Geoinformatics, Beijing, China, 2014
- [17] Wang Hongbo, Li Liguang, Wang Xiaoying. Research Summary of Soil Moisture Monitoring Methods Based on MODIS [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2011(1): 243-249 (王宏博, 李丽光, 王笑影. 基于 MODIS 数据的土壤含水量监测方法研究

- 综述[J]. 土壤通报, 2011(1): 243-249)
- [18] Sun Xiubang, Wang Weihong, Yan Ping. Study on Agricultural Drought Monitoring in the South of Yangze River in AnHui[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(3): 305-309 (孙秀邦, 王伟宏, 严平. 安徽长江以南农业干旱遥感监测研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 305-309)
- [19] He Junjie, Wang Yingshun, Li Yunpeng. Soil Moisture Monitoring with EOS /MODIS VSWI Product in Xilingol[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2013(2): 243-248 (贺俊杰, 王英舜, 李云鹏. 利用 EOS/MODIS 植被供水指数监测锡林郭勒地区土壤湿度[J]. 中国农业气象, 2013(2): 243-248)
- [20] Wang Jianbo, Bai Jianjun, Li Lele. Vegetation Supply Water Index Based on MODIS Data Analysis of the in Yunnan in Spring of 2012[C]. The Third International Conference on Agro-Geoinformatics, Beijing, China, 2014
- [21] Jing Yuanshu, Li Jian, Weng Yongyuan. The Assessment of Drought Relief by Typhoon Saomai Based on MODIS Remote Sensing Data in Shanghai, China[J]. *Natural Hazards*, 2014, 71 (2): 1 215-1 225

Distributed Production Method for MODIS VSWI Based on OSGI

MENG Lingkui¹ ZHU Huiling¹ XIE Wenjun² HU Yijie³ ZHANG Wen¹

1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Information Center, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China

3 School of Resources and Environment, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China

Abstract: As the drought occurred frequently, and remote sensing technology matures, the drought remote sensing monitoring has become an important means of drought monitoring, and the vegetation supply water index(VSWI) products is an important reference for drought monitoring, but its production involves large amount of data, and the processing cycle is long, which influence the timeliness seriously. Based on OSGI service, a distributed production model of VSWI is proposed, which turn the VSWI algorithm into an OSGI module called Bundle. This Bundle can be deployed and installed dynamically in a distributed OSGI platform, which can make full use of the resources in LAN, and be helpful to raise up the operating rate of image processing, as well as lessen the memory footprint, which have been proved in this paper. This model will play an important role in massive remote sensing data processing and emergency monitoring.

Key words: OSGI; ODPM model; drought monitoring; VSWI; distributed; memory footprint; total time-consuming

First author: MENG Lingkui, PhD, professor, specializes in remote sensing and geography information system. E-mail: lkmeng@whu.edu.cn

Corresponding author: ZHANG Wen, PhD, lecturer. E-mail: wen_zhang@whu.edu.cn

Foundation support: The National Key Research and Development Program of China, No.2017YFC0405806; The National High-Resolution Earth Observation System Projects (Civil Part), No.08-Y30B07-9001-13/15.