

一种支持多星多任务遥感卫星地面系统综合处理的运行控制技术

赵文波 柳 健 李小文*

(华中科技大学 武汉 430074)

*(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

摘要: 该文以遥感卫星地面系统信息处理的运行控制需求为背景,在分析现有多种技术方案的基础上,提出了一种基于消息队列中间件 IBM WebSphere MQ 的地面系统信息处理运行控制方案,并进行了成功的工程实践,指出该技术方案可直接应用于多星多任务遥感卫星星座地面系统综合处理的运行控制。

关键词: 遥感卫星, 信息处理, 卫星星座

中图分类号: V448, TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2005)06-0919-05

An Operating Scheme of Ground System for Remote Sensing Satellites of Multi-satellite Multi-mission

Zhao Wen-bo Liu Jian Li Xiao-wen*

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

*(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract Under the requirement of running control system of remote sensing satellite station system, a running control scheme of information processing of station system based on message queues middleware — IBM WebSphere MQ is proposed. And the scheme is applied to the practical project successfully. So the scheme can be applied to the running control of integration system of multi-satellite and multi-mission remote sensing satellite constellation station system directly.

Key words Remote sensing satellite, Information processing, Satellite constellation

1 引言

航天遥感卫星地面系统运行控制是整个集成系统“应用层控制流”的核心,它包括外部接口与指令交换技术、内部任务流程管理、编目归档流程管理、各级遥感数据产品的生产流程管理以及系统运行状态监控等研究内容。随着遥感卫星星座的组网,地面系统综合处理对在统一的处理平台上进行多星多任务运行控制的需求日益迫切。

当前的地面系统信息处理运行控制仍然主要以单星单系统为主,并且存在一些技术上的缺陷。以著名遥感地面站专业制造商加拿大的 MDA 公司为例,虽然总体水平较高,但其构建的地面站的运行控制系统有两个比较大的问题:(1)运行控制系统适合于集中式(如数十个 CPU)的大型并行处理环境,不适用于基于机群构架的处理系统;(2)待处理的生产任务不能过多,否则会引起系统性能急剧降低,甚至造成系统瘫痪。

而多星多任务综合处理对 workflow 控制的复杂性和多样

性要求更高,并且由于多星数据进行集中处理,对计算资源的要求和待处理的业务订单数量都会大幅度增加。以上提到的现有运行控制系统的两个问题则成为致命的问题,需要设计出一种高效而又实用的多星有效载荷综合处理运行管理模式。作者认为,在当前技术条件下,经过技术攻关,设计自动化程度非常高的运行控制与任务管理系统是可行的。在工程实践中,以网络消息队列技术为支撑,设计了一种先进的航天遥感卫星地面系统信息处理的运行控制方案,并已成功的应用在某大型运行星的地面系统信息处理分系统建设当中。该方案不但克服了现有系统的一些缺点,而且具有天然的可扩展性,可以直接应用于多星多任务地面系统运行控制和任务管理。

本文提出了一种基于消息队列中间件 IBM WebSphere MQ^[1]的地面系统信息处理运行控制方案,并进行了成功的工程实践,指出该技术方案可直接应用于多星多任务遥感卫星星座地面系统综合处理的运行控制。

2 遥感卫星星座地面系统运行控制的研究内容

多星多任务的综合处理运行控制与任务管理的主要工作包括多星业务测控任务管理、对从多个卫星地面站接收到的原始数据进行编目归档和产品生产,提供灵活而规范的控制接口,并对整个系统运行的状态进行监控,以实现存档数据的有效组织、维护,从而保证在用户产品需求的时候能够准确高效地进行产品生产,将产品数据提供给用户。不考虑多星业务测控部分,综合处理运行控制与任务管理按照功能来分包括:外部接口与指令交换、内部任务流程管理、数据编目归档流程管理、各级产品生产流程管理和系统运行状态监控。

(1) 外部接口与指令交换 外部接口与指令交换包括信息处理分系统和管理控制分系统、辐射定标分系统和地面接收分系统的系统级接口,以及系统内外的指令交换的驻留程序。

(2) 内部任务流程管理 内部任务流程管理包括信息处理分系统内部各子系统及功能模块的各类处理任务的提交、获取和管理等内部接口,以及实现底层运行控制技术实现的 API 函数库。

(3) 数据编目归档流程管理 数据编目管理是针对多星接收的原始数据按照传感器类型,进行快视浏览处理,生成低分辨率的浏览图像。同时对每天接收的原始数据和综合处理每天生产的图像产品,均建立描述数据特性的元数据库(包括图像位置、获取时间、数据质量评估等),这样便于对综合处理接收和生产的数据进行快速、方便地进行存档和查询。数据编目管理按照功能又分为编目存档管理和编目浏览管理。

(a) 项目存档管理 编目存档管理的主要任务是对来自各卫星地面接收站的数据和综合处理过程中生产的各级图像产品进行编目和归档。数据传输方式可以采用光纤网络传输或磁带传输方式来接收来自各卫星地面站的原始数据,同时为了保证数据的传输的安全性,支持对传输来的数据的二次加密和解密。

(b) 项目浏览管理 编目浏览管理的基本任务是完成原始数据的整理、生成与归档数据相对应的快视浏览图像及元数据,并提供对编目数据的检索。编目浏览管理的结构由原始数据的整理、逻辑分景和编目、浏览图像生产和基于 Web 的人机交互界面等组成。数据整理主要指下行数据的整理和归档、数据初始化等,数据逻辑分景和编目完成数据的逻辑分景和单景四角经纬度输出,及其基于在特定全球参考系统下的编目管理,浏览图像生产对逻辑分景后的数据进行快视成像、辐射校正、指北采样等,并按某种指定的压缩文件格式(如 JPEG 格式)输出。

(4) 各级产品生产流程管理 各级产品生产流程管理则

是对光学、红外、多/高光谱及微波等不同有效载荷的各级标准和非标准产品的生产管理。

(5) 系统运行状态监控 系统运行状态监控包括对各硬件设备的监控、任务状态的查询、编辑和修改以及系统报警。

3 几种可行的遥感卫星星座地面系统综合处理运行控制技术

可用于遥感卫星星座地面系统信息处理运行控制的底层支撑技术主要有传统的 OA(办公自动化)^[2]、数据库管理系统和消息队列等 3 种技术。

3.1 基于 OA 的技术方案

从本质上讲,地面系统信息处理运行控制也属于 OA 范畴,利用 OA 技术开发运行控制系统是最直观的方案。并且 OA 技术已经发展了将近 30 年,目前已经超越了传统狭义的办公范畴,成为一种领先的管理思想。在实现方式上,以工作流程自动化 Workflow(办公流程自动化)及 KM^[3](知识管理)为核心。在基于 OA 管理模式的软件中, Lotus Notes^[4]是杰出的代表。纵观 OA 管理模式,可以看到,在 OA 管理模式的工作流程中人既是流程的发起者,而且还是流程中各个阶段的参与者和驱动器,大家协同工作,实现管理自动化,也可以说在整个 OA 的流程中人扮演了重要的角色。

虽然 OA 技术成熟,并且拥有灵活的模型设计工具和容错能力,但通过分析多星多任务综合处理工作流程的特点,发现有以下几点不适合使用 OA 管理模式:

(1) 人参与的程度 在多星多任务综合处理的管理工作流程中,人在流程中所扮的角色并不是十分突出。以编目管理为例,原始数据从各卫星地面站获得后,将自动按照传感器类型和相应的卫星控制参数,对原始数据进行源数据提取和入库、逻辑分景、控制参数获取等。在整个的编目管理流程中,一旦流程被发起,人的参与就很有有限了,整个过程基本上是需要程序自动化完成的;

(2) 在数据流的容量上 与 OA 管理模式中的数据流不同,在多星多任务综合处理的工作流程中,数据流除了源数据和控制参数等少量数据是小尺寸的电子文档之外,主要的数字流则是遥感图像数据,这些数据基本上是以 TB 级为单位的,在 OA 管理模式中,很难处理如此大的数据流;

(3) 在工作流的发起上 与 OA 管理模式相比,在多星多任务综合处理的工作流中,工作流的发起是固定的(都是从编目开始的),而 OA 管理模式中工作流的发起则可以是整个工作流程中的任意环节处,即发起点可以是不同的。

3.2 基于数据库的技术方案

基于数据库的管理模式是以数据库的库、表、记录、记录中字段的状态以及在数据库中定义且与数据库相集成的消息来管理工作流程的。数据库管理模式的优点主要有数据

共享、版本一致、事务完整、数据安全和负载均衡等。

虽然基于数据库的管理模式有很大的优点,但是就多星多任务综合处理的工作流程特点本身来分析,基于数据库的管理的方式是不适合的,主要有以下几点原因:

(1) 效率不能满足需求 在多星多任务综合处理的工作流程中,由于每天从多个卫星地面站中传来的数据十分频繁,而且数据量是TB级为单位的,在这样的高频繁、大数据量的访问需求下,如果是基于数据库的管理方式,那么将频繁访问各工作流程任务表并输入输出数据,以目前的数据库所支持的效率将很难达到应用需求。

(2) 设计复杂,实现代价大 在多星多任务综合处理的工作流程中,由于各工作流和工作节点的关系复杂,而且自动化程度高,如果设计成基于数据库的管理模式来实现,那么在各工作流表的实现上势必加大各表的设计和访问的复杂性,这样也将进一步降低管理的效率。

3.3 基于消息队列的技术方案

在分布式计算环境中,为了集成分布式应用,开发者需要对异构网络环境下的分布式应用提供有效的通信手段。为了管理需要共享的信息,对应用提供公共的信息交换机制是重要的。设计分布式应用的方法主要有:远程过程调用(PRC)——分布式计算环境(DCE)^[5]的基础标准成分之一;对象事务监控(OTM)^[6]——基于CORBA的面向对象工业标准与事务处理(TP)监控技术的组合;消息队列(Message Queue, MQ)——构造分布式应用的松耦合方法。

消息队列的管理模式是一种完全基于消息队列的工作流管理模式,是分布式应用间交换信息的一种技术。消息队列可驻留在内存或磁盘上,队列存储消息直到它们被应用程序读走。通过消息队列,应用程序可独立地执行,它们不需要知道彼此的位置、或在继续执行前不需要等待接收程序接收此消息。消息队列为构造以同步或异步方式实现的分布式应用提供了松耦合方法。消息队列的API调用被嵌入到新的或现存的应用中,通过消息发送到内存或基于磁盘的队列或从它读出而提供信息交换。消息队列可用在应用中以执行多种功能,比如要求服务、交换信息或异步处理等。

消息队列是一种先进的系统运行控制技术,非常适合用来进行航天遥感卫星星座地面系统信息处理自动化程度高、通信方式灵活稳定等特点,本文就是在消息队列技术的基础上构建支持多星多任务航天遥感卫星星座地面系统信息处理运行控制。

4 基于消息队列的地面系统信息处理运行控制方案设计

在某大型运行星地面系统信息处理运行控制方案设计中,经过多种方案的调研和比较,作者选用对IBM WegSphere

消息中间件(MQ)进行二次开发的技术方案。

4.1 IBM WebSphere MQ 概述

IBM WegSphere MQ 以其独特的安全机制、简便快速的编程风格、卓越不凡的稳定性、可扩展性和跨平台性,以及强大的事务处理能力和消息通讯能力,成为业界市场占有率最高的消息中间件产品。MQ 具有强大的跨平台性,它支持的平台数多达35种。其典型的工作原理如图1所示:

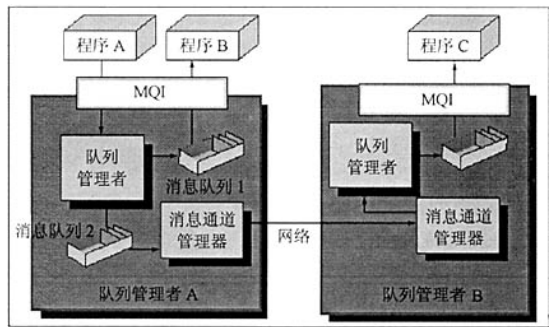


图1 WebSphere MQ 工作原理图

在图1中,首先来看本地通讯的情况,应用程序A和应用程序B运行于同一系统A,它们之间可以借助消息队列技术进行彼此的通讯:应用程序A向队列1发送一条信息,而当应用程序B需要时就可以得到该信息。

其次是远程通讯的情况,如果信息传输的目标改为在系统B上的应用程序C,这种变化不会对应用程序A产生影响,应用程序A向队列2发送一条信息,系统A的MQ发现Q2所指向的目的队列实际上位于系统B,它将信息放到本地的一个特殊队列——传输队列(Transmission Queue, TQ)。我们建立一条从系统A到系统B的消息通道,消息通道代理将从传输队列中读取消息,并传递这条信息到系统B,然后等待确认。只有MQ接到系统B成功收到信息的确认之后,它才从传输队列中真正将该信息删除。如果通讯线路不通,或系统B不在运行,信息会留在传输队列中,直到被成功地传送到目的地。这是MQ最基本而最重要的技术——确保信息传输,并且是一次且仅一次(once-and-only-once)的传递。

MQ提供了用于应用集成的松耦合的连接方法,因为共享信息的应用不需要知道彼此物理位置(网络地址);不需要知道彼此间怎样建立通信;不需要同时处于运行状态;不需要在同样的操作系统或网络环境下运行。同时,提供了点对点、多点广播、发布/订阅等多种通信方式,并支持集群技术。

WebSphere MQ产品分为Server和Client两种版本,在MQ服务器的运行环境下,有队列管理器、队列、消息通道等对象,它提供全面的消息服务;MQ Client^[7]为我们提供了一个MQ应用程序的开发和运行环境,它是MQ API的Client实现。在客户端环境下,没有队列管理器、队列等对象,它通过MQI通道与服务器之间建立通讯,并将消息从客户端

发往服务器端的队列，或从 Server 端的队列中取得消息，它比较适合于网络条件较好或实时通讯的情况。同时要指出的是：采用 MQ Client 并不会导致数据的丢失或不完整性。MQ Client 提供下列好处：适合同步处理的工作模式；减少系统负担；减少系统管理开销；减少磁盘空间要求等。

由以上分析可以得出，基于消息队列的管理模式具有以下优点：

(1) 异构平台传输性 基于消息队列的管理模式继承了强大的跨平台性，可以接收和处理来自多个操作平台的任务消息。

(2) 通讯模式多样性 支持多种通讯方式，包括点对点、多点广播、发布/订阅和集群方式，这样可以很好地满足多种应用需求。

(3) 可靠的队列管理方式 采用先进的队列管理方式，使得队列中的消息更安全，处理更及时。

4.2 运行控制系统方案设计

系统运行控制主要由运行控制、任务管理、状态监控和指令交换等模块组成，协调整个地面系统信息处理的功能流程，底层技术由 MQ 提供支撑。为了减少开发、部署和维护的代价，需要开发消息队列代理软件和消息队列客户端代理软件。消息队列代理软件基于 MQ Client 进行开发，直接对消息队列进行操作；而客户端代理软件则实现与消息队列代理软件的通信，间接地对消息队列进行操作。消息队列代理软件集中部署，客户端代理软件则部署于系统各节点和终端。

4.2.1 运行控制 运行控制负责维护消息队列服务器的运行，提供访问消息队列的接口，实现分系统中各类处理任务的提交、获取和调度，以及提供其它与运行控制有关的辅助功能。包括以下软件：消息队列代理软件、消息队列代理客户端软件、运行控制接口软件、综合控制台软件、流程控制软件、运行控制监控控制台软件和高性能计算任务监控软件，其组成如图 2 所示。



图 2 运行控制软件包的组成

4.2.2 系统管理 系统管理负责实现信息处理分系统中与用户管理和系统安全相关的功能，主要包括：用户管理、权限管理、身份认证、审计等方面。同时，系统管理软件包将以下数据保存存到分系统的系统管理数据库中：用户和用户组信息，操作、对象、授权项信息和日志信息。系统管理包括以下软件：用户管理软件、权限管理软件、运行时的身份认证和权限验证软件和日志软件。

通过消息队列完成任务获取、提交和处理的典型过程由图 3 来描述。

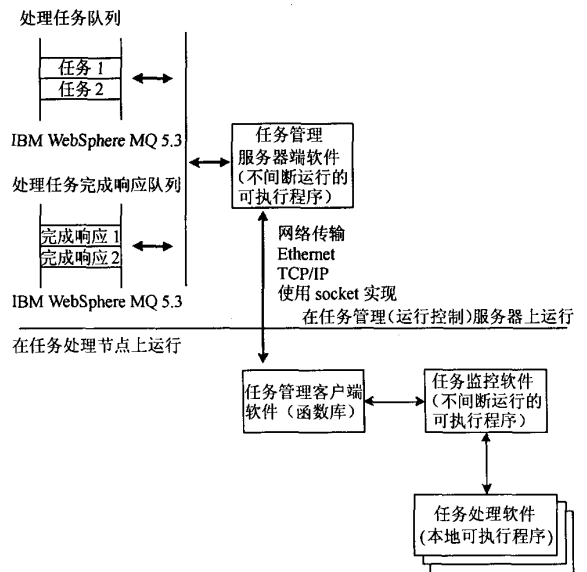


图 3 任务获取、提交和处理的过程

4.2.3 状态监控 状态监控负责监控分系统中各个软件模块和处理节点的运行状态，并完成与故障处理有关的各种操作，定时向管控上报状态信息。主要包括如下软件：监控中心软件、状态报告软件、监控终端控制台软件和分系统状态上报软件。

4.2.4 指令交换 指令交换负责分系统与外部分系统之间的控制指令交换。包括：(1)接收来自其它分系统的指令和应答，翻译为分系统内部使用的格式，交由分系统内的相关程序负责处理。(2)将分系统内的各个处理程序提交到外部分系统的指令和应答翻译为外部分系统使用的格式，并转发到相关外部分系统

指令交换主要由以下软件组成：指令接收与翻译软件和指令翻译与转发软件。

总的说来，基于消息队列的运行控制方案提供了以下优越性：

- (1) 具有天然的可扩展性，可直接应用于多星多任务航天遥感地面系统运行控制当中。
- (2) 由于提交任务的软件和处理任务的软件相互之间不

直接耦合,当其中一个软件运行过程中出现故障时,另一个软件不会因此受到影响。

(3) 由于各个软件可以彼此独立地获取和处理任务,增加任务处理软件可以直接提高系统的可用性。

(4) 消息队列服务器保证了成功提交的任务一定会被、而且只能被处理一次。

(5) 业界领先的消息队列服务器软件可以保证系统运行控制的稳定性和吞吐能力。

(6) 消息队列服务器便于实现集群服务。

为了便于实现日志、编译和查询功能,除了将任务以消息的形式提交到对应的消息队列以外,也同时在关系数据库中保存与任务有关的记录,并在任务处理状态发生改变时,将相应的改变记录到关系数据库中。

5 结论

运行控制是航天遥感地面系统信息处理的控制中枢。稳定高效的运行控制能够有机地提高集成系统的运行效率。论文基于消息队列技术提出了一种天然支持多星多任务卫星星座地面系统综合处理运行控制的技术方案,经过实践,这种松耦合的系统结构方式具备良好的可用性、可扩展性和灵活部署能力,可以非常好地解决多星多任务卫星星座地面系统的运行控制问题。

参考文献

- [1] WebSphere MQ Event Broker <http://www-900.ibm.com/cn/software/websphere>.
- [2] 企业 OA 系统 <http://www.microsoft.com/china/exchange/linghang-oa/default.asp>
- [3] L M Hitt, F X Frei, Harker P T. How Financial Firms Decide on Technology, in Brookings/Wharton Papers on Financial, 1999.
- [4] Lotus Notes products <http://www-900.ibm.com/cn/software/lotus/products/productinfo.shtml>.
- [5] DCE system <http://www.huihoo.org/npact/toc-14.htm>.
- [6] OTM J2EE <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/java/j2ee/index.shtml>.
- [7] MQ Client http://www.liming.com/newspaper/detail.asp?n_id=378.

赵文波: 女, 1966年生, 博士生, 研究方向为卫星遥感系统技术、卫星工程管理技术。

柳健: 男, 1939年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向是数字图像处理、计算机视觉、遥感图像分析及多媒体信息处理等。

李小文: 男, 1947年生, 中国科学院院士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为植被遥感、遥感建模与反演、多角度遥感与热红外遥感、尺度效应等。