

LAMOST 观测控制系统的命令解析*

万长胜, 金 革, 王 坚, 郝黎凯, 李昔华,
黄 鲲, 任 间, 李 锋, 牛田野

(中国科学技术大学近代物理系, 安徽合肥 230027)

摘要:针对 LAMOST 系统的复杂性, 其观测控制命令将分为三个层次实现. 根据编译理论, 结合 LAMOST 望远镜的特点和其观测运行模式, 采用物理解析与语法解析相结合的方法, 深入探讨了各层命令集之间的解析方法.

关键词: OCS; 命令驱动模型; 命令解析

中图分类号: P111.2 **文献标识码:** A

0 引言

大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜^[1] (LAMOST) 是我国正在建造的一种大口径兼备大视场的反射施密特光谱望远镜, 它可同时对 4 000 个天体目标进行长达 1.5 h 的跟踪观测, 建成后它将成为目前世界光谱观测能力最强的望远镜. LAMOST 主要由观测控制系统(OCS)^[2]、观测战略系统(SSS)^[3]、望远镜控制系统(TCS)、焦面仪器控制系统(ICS)和数据处理系统(DHS)组成, 其中 OCS 是望远镜观测控制的核心. OCS 从 SSS 获得当前的观测计划, 根据其生成相应的观测流程命令流, 协调和管理望远镜各子系统按照观测流程命令流工作, 完成观测计划.

1 OCS 命令驱动模型^[4]

在每一个被观测天区中, LAMOST 将同时对 4 000 个目标星进行跟踪观测 1.5 h, 观测流程总的来说分为三个阶段: 观测前准备工作, 观测过程, 结束观测, 每个阶段又分多个步骤^[5]. 对观测流程的每一步, OCS 将发出一系列的相关命令给各子系统来驱动各子系统完成相应的动作, 并监视子系统命令执行过程中产生的状态信息, 确保命令得到正确的执行.

OCS 所执行的观测命令流程中的观测命令是根据 SSS 的观测计划产生的, 在观测过程中, OCS 必须先把观测流程的命令分解成各子系统可执行的基本命令交给子系统执行, 在子系统中再将基本命令分解成子系统命令操作硬件. 因此 LAMOST 中命令分为三层: 观测命令, 基本命令, 子系统命令.

观测命令面对的是观测用户, 观测用户使用观测命令编写观测流程, 一个观测命令将涉

* 收稿日期: 2003-11-28

基金项目: 国家“九五”大科学工程项目资助.

作者简介: 万长胜, 男, 1976 年生, 博士生. 研究方向: 物理电子学. E-mail: cswan@mail.ustc.edu.cn

及一个或多个基本命令。

基本命令面对的是子系统,它定义了每个观测命令中所涉及的子系统要实现的功能。

子系统命令定义了子系统中具体操纵硬件的命令,一个基本命令将涉及一个或多个子系统命令。

由于 OCS 的观测命令需要经过两次解析之后才能将观测命令映射成操作具体硬件设备的子系统命令,而且解析过程中涉及多个子系统及子系统中许多设备和功能,因此要求解析的结果是惟一的,在观测运行中是合理可行的,对硬件是无损害的。随着 LAMOST 工程的进展和各子系统研究的深入,新的命令会不断地增加,已有命令的功能内涵也会发生变化,要求解析的方法具有很强的扩展性和适应性,解析方法允许命令集随着需求的变化不断的修正。为此,OCS 命令解析器的设计需要从几个方面考虑:

(I) 各层命令集可以扩充。(II) 命令间映射关系允许改变。(III) 上下层命令的映射关系必须惟一。(IV) 解析后的结果对运行观测是合理的,没有冗余命令。(V) 对解析的结果,需要判断和防止硬件冲突。

为了保证这几项,命令解析需要从命令的物理关系和语法关系两个方面进行考虑。物理关系代表了不同层次命令所能实现的物理功能之间的映射关系,语法关系代表了各层命令之间的符号转换关系,要保证转换的惟一性,需要先对命令的格式进行严格的定义。

2 命令解析

2.1 命令格式

命令由命令动词(CmdVerb),选项(op),参数(para)组成,格式如下:

$$\text{CmdVerb} - \text{op1 para1} - \text{op2 para2} \dots$$

CmdVerb 的首字母使用子系统的名称,每个单词的首字母大写,CmdVerb 要能反映命令的内容,CmdVerb 允许简写。

op 不区分大小写,op 包括一个字符‘-’,后跟一个英文字母,不支持单词选项。

para 位于选项后,para 可为空,para 应符合特定选项的要求,一个选项至多只能跟一个 para。

2.2 观测命令到基本命令的解析

OCS 命令解析过程就是把输入的一定格式的观测命令字符串,经过物理和语法分析,转换成基本命令字符串输出,这个过程跟编译过程很类似。依据编译理论^[6],解析过程主要包括两个阶段:扫描和推导。扫描阶段根据命令符号表对输入的观测命令字符串进行检查,并按照自上而下的原则从观测命令字符串中取出观测命令符号,把它交给推导器;推导阶段根据命令推导表推导出基本命令符号。解析过程如图 1 所示。

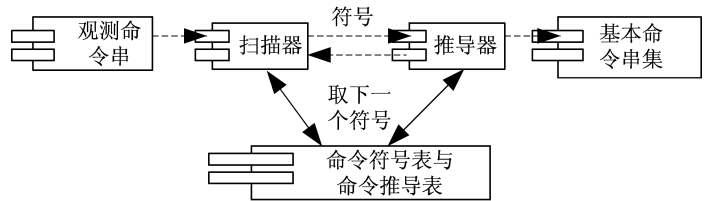


图 1 命令解析器

Fig. 1 The Command simulator

2.3 命令符号表和命令推导表

解析过程还需要定义两类信息:命令符号表和命令推导表.他们都是命令解析过程中的物理信息.

命令符号表存储的是各层命令集.一个观测命令主要包括三部分内容:命令动词,选项和参数,参数附属于选项,因此在命令解析过程中只需要对命令动词和选项进行解析,观测命令符号表包含两类信息:观测命令动词集 C_{obv} 和观测命令选项集 O_{obv} ,其定义如下:

$$C_{\text{obv}} = \{c_{\text{obv}} \mid c_{\text{obv}} = \langle f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6 \rangle\}, \quad (1)$$

f_1 为观测命令名称, f_2 为观测命令编号, f_3 为所属命令层次, f_4 为该命令选项总数, f_5 为该命令简称, f_6 为观测命令的组标识符.

$$O_{\text{obv}} = \{o_{\text{obv}} \mid o_{\text{obv}} = \langle k_1, k_2, k_3, k_4 \rangle\}, \quad (2)$$

其中: k_1 为所属观测命令名称, k_2 为选项名称, k_3 为选项编号, k_4 为参数类型.

同样,基本命令符号表也包括两类信息:基本命令动词集 C_{bas} 和基本命令选项集 O_{bas} ,用一个六元矢量和一个四元矢量完整的描述了命令,其定义如下:

$$C_{\text{bas}} = \{c_{\text{bas}} \mid c_{\text{bas}} = \langle m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6 \rangle\}, \quad (3)$$

m_1 为基本命令名称, m_2 为基本命令编号, m_3 为所属命令层次, m_4 为该命令选项总数, m_5 为该命令简称, m_6 为基本命令的组标识符.

$$O_{\text{bas}} = \{o_{\text{bas}} \mid o_{\text{bas}} = \langle n_1, n_2, n_3, n_4 \rangle\}, \quad (4)$$

其中: n_1 为所属基本命令名称, n_2 为选项名称, n_3 为选项编号, n_4 为参数类型.

命令推导表存储的是从观测命令符号到基本命令符号的推导关系,它包括两类信息:命令动词推导集 $D1$ 和选项推导集 $D2$,其中 $D1$ 是观测命令动词到基本命令动词所有映射的子集,描述的是观测命令动词到基本命令动词的物理关系:

$$D1 \subseteq C_{\text{obv}} \times C_{\text{bas}}, \quad (5)$$

$D2$ 是观测命令选项到基本命令选项的所有映射的子集,描述的是观测命令选项到基本命令选项的物理关系:

$$D2 \subseteq O_{\text{obv}} \times O_{\text{bas}}. \quad (6)$$

命令推导表用建立在命令集上的运算描述了观测命令到基本命令的推导关系.考虑到简洁性,在定义各层命令的过程中,不出现选项和命令之间的映射关系.开发过程中,需要修改各层命令集时,只需修改命令符号表和命令推导表,而不需要修改扫描器和推导器,实现了程序源代码与物理信息的分离.

2.4 命令解析文法

命令符号表完整的描述了命令集,命令推导表完整的描述了各层命令集之间的关系.要实现不同层次命令之间的转换,还需要根据命令格式、命令符号表和命令推导表定义的命令解析的完整文法完成推导过程.文法的作用在于规范化命令符号表和命令推导表的信息,为推导器提供使用命令符号表和命令推导表的方法.

命令解析文法 G 由四元式 (V_T, V_N, S, P) 组成.其中: V_T 是基本命令符号,在命令符号表中, C_{bas} 和 O_{bas} 中定义的基本命令动词和选项属于 V_T . $V_T = \{m_1, n_2, -\}$,在推导过程中它是终结符. V_N 是观测命令符号,在命令符号表中, C_{obv} 和 O_{obv} 中定义的观测命令动词和选项属于 V_N ,另外待解析的观测命令字符串 s 也属于 V_N . $V_N = \{s, f_1, k_2\}$,在推导过程中它是

非终结符。S 是命令解析器的输入。S = {s} 在推导过程中它是开始符号。P 是从观测命令符号到基本命令符号的推导关系，由命令推导表定义。在推导过程中它是产生式。从命令推导表可以归纳出下面几类产生式：

$$s \rightarrow f_1(-k_2 \text{ para})^*, \quad (7)$$

$$f_1 \rightarrow m_1, \quad (8)$$

$$k_2 \rightarrow n_2. \quad (9)$$

2.5 简单映射情况下的命令解析

考虑简单映射情况下的命令解析：一个观测命令只对应一个基本命令。这时命令推导表中包含该观测命令动词的矢量只有一个，命令解析文法不存在二义性问题。这种情况下，从命令解析文法的角度来说，命令解析过程就是把开始符号 s 根据产生式集 P 提供的产生式推导出全部由 V_T 中符号——基本命令符号组成的字符串。下面具体讨论推导过程。

(I) 命令检查推导

观测命令是一个字符串，把这个观测命令字符串作为开始符号，从产生式集 P 中查询可匹配的产生式，首先匹配的一定是这类产生式： $s \rightarrow f_1(-k_2 \text{ para})^*$ 。这一步推导具有检验观测命令字符串合法性的作用。推导结果如下：

$$f_1(-k_2 \text{ para})^*. \quad (10)$$

(II) 命令动词推导

按照自上而下的原则，从(10)左端开始推导，第一个符号 f_1 是一个非终结符，从 P 中查询可匹配的产生式： $f_1 \rightarrow m_1$ ，推导结果如下：

$$m_1(-k_2 \text{ para})^*. \quad (11)$$

(III) 选项推导

继续向右推导，是观测命令的一系列选项和参数，首先是选项引导符号“-”，它是一个终结符，无需匹配。然后匹配非终结符 k_2 ，产生式集中有一个相关产生式： $k_2 = n_2$ ，根据这个产生式推导出下式：

$$m_1(-n_2 \text{ para})(-k_2 \text{ para})^*, \quad (12)$$

继续向右重复选项推导，最终从(11)得到的是下面的式子：

$$m_1(-n_2 \text{ para})^*. \quad (13)$$

这样就从观测命令字符串 s 推导出了基本命令字符串 $m_1(-n_2 \text{ para})^*$ 。

2.6 复杂映射情况下的命令解析

实际应用中，一个观测命令可能对应多个基本命令，因此命令推导表中可能有多个推导矢量包含该观测命令动词。这种情况下，命令解析文法就变成了二义文法，这种二义性是必需保留的，不能在命令解析文法中添加消除二义性的筛选规则，因此在推导器中不能舍弃多个推导，这就要求允许推导器回溯：对一个符合条件的命令动词推导产生式匹配成功后进行选项匹配，选项匹配完成后，再回溯到命令动词匹配，直到匹配完所有符合条件的产生式。每次回溯匹配的结果都是命令解析结果集中的一个，这一点与编译过程不同，OCS 命令解析过程得到的是一个结果集，而编译结果是惟一的。

3 OCS 与子系统的命令通讯

LAMOST 运行过程中，OCS 从 SSS 接收到观测计划后，由命令流生成器将观测计划转

变成观测命令流,然后命令解析器将观测命令流中的每个观测命令顺序解析成多个基本命令,交给命令执行器,命令执行器再通过子系统代理(SSA)把基本命令交给各子系统执行.OCS通过这种方式完成协作各子系统实现观测计划的任务(图2).

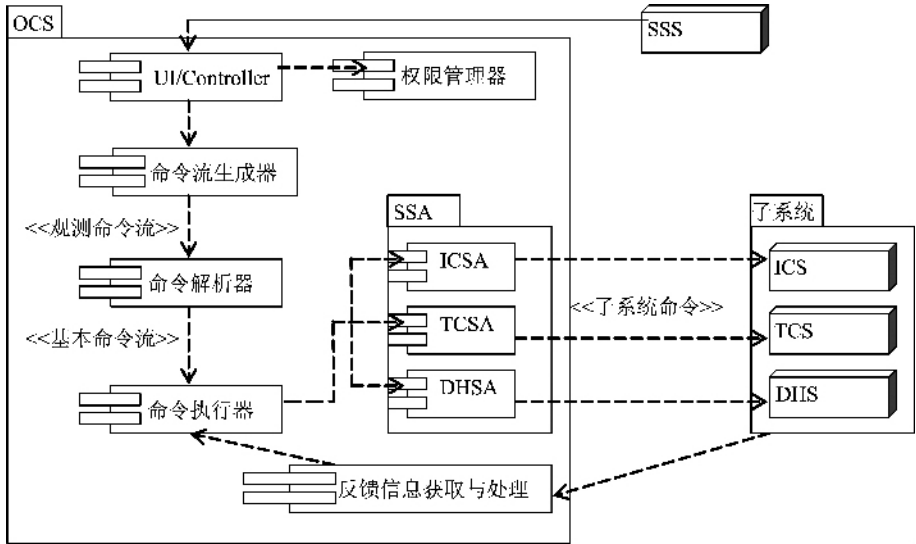


图 2 命令驱动的 OCS 体系结构示意图

Fig. 2 The Command-driven OCS infrastructure

在 OCS 中,除了要实现各层次命令之间的正确解析外,在对观测命令进行解析之前,需要对观测流程中的命令流进行逻辑分析,以确保命令流符合 LAMOST 的观测逻辑和硬件设备的安全要求.观测命令被解析为基本命令后,在送达子系统前,同样需要对基本命令的合法性进行检查,判断冗余命令的合理性.相关问题涉及 LAMOST 的观测内容和观测模式,暂不在此讨论.

4 结论

针对 LAMOST 建造过程中各个层次的命令数目和命令定义的不稳定性,在开发过程中,对命令的格式进行了严格地规定,对命令进行了详细地分类,同时提供了命令扩充和重新定义命令的接口.根据上述方法,已实现了 OCS 的观测命令到基本命令的解析.随着工程的进展,还将进一步实现基本命令到子系统命令的解析.

参 考 文 献

- [1] WANG Shou-guan, SU Ding-qiang, CHU Yao-quan, CUI Xiang-qun, WANG Ya-nan. Special configuration of a very large Schmidt telescope for extensive astronomical spectroscopic observation[J]. Applied Optics, 1996, 35(25): 5 155-5 161.
- [2] 赵永恒. LAMOST 观测控制系统[J]. 天体物理学报, 2000, 20(Supp): 89-95.
- [3] 聂际敏, 金革, 孙广中等. LAMOST 观测星表覆盖算法模型[J]. 中国科学技术大学学报, 2002, 32(2): 181-185.
- [4] 王坚, 金革等. LAMOST 望远镜观测控制系统的建模与分析[J]. 中国科学技术大学学报, 2003, 33(4): 398-409.

- [5] 王坚. 大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜观测控制系统的研究和设计[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2003.
- [6] 陈意云, 马千里. 编译原理和技术[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 1993.

A Method for Command Parsing of LAMOST Observatory Control System

WAN Chang-sheng, JIN Ge, WANG Jian, HAO Li-kai, LI Xi-hua,
HUANG Kun, REN Jian, NIU Tian-ye

(*Department of Modern Physics, USTC, HeFei 230027, China*)

Abstract: Due to the complexities of the LAMOST system, three levels of the observatory control commands will be introduced. The command parsing method between different levels has been studied in detail based on the compiling theory, characteristics of LAMOST and its observatory running pattern.

Key words: OCS; command-driven model; command parsing

(上接 454 页)

- [5] Bristeau M O, Glowinski R, Periaux J. Numerical methods for the Navier-Stokes equations. Application to the simulation of compressible and incompressible viscous flows [J]. *Computer Physics Reports*, 1987, 6: 73-187.
- [6] White F M, 魏中磊, 甌思森译. 粘性流体动力学[M]. 北京:机械工业出版社, 1974.

A Fictitious Domain Decomposition Method and Its Applications in Fluid Mechanics

ZHOU Chun-hua

(*Department of Aerodynamics, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China*)

Abstract: Lagrange-multiplier based fictitious domain method for the Dirichlet problem for a class of elliptic operators is discussed and the resulting saddle point problem is solved via a preconditioned conjugate gradient algorithm. The emphasis is then put on the application to numerical simulation of incompressible viscous flows. The methodology for the Navier-Stokes equations described here takes advantage of time discretization by la Marchuk-Yanenko operator splitting in order to treat separately advection, imbedding and incompressibility. Finally, numerical results of two-dimensional flows around a fixed and moving disk are presented.

Key words: fictitious domain; operator splitting; Lagrange multiplier; finite element; moving rigid body