

文章编号:1002—1175(2004)04-0526-06

简报

LAMOST 异构平台通信研究^{*}

徐灵哲 徐欣圻

(中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所, 南京 210042)
(2003 年 8 月 12 日收稿; 2003 年 12 月 18 日收修改稿)

摘 要 给出了从本地模拟系统到南京-合肥两地远程通信联调的研究概况,着重描述其原理、接口和联调结果. 其中本地模拟系统已于 2001 年 7 月 1 日通过了 LAMOST 工程部组织的专家组评审,而南京-合肥两地的通信联调也获得了成功.

关键词 LAMOST,异构平台,远程通信

中图分类号 TP339

1 引言

国家重大科学工程项目 LAMOST(Large sky Area Multi-Object fiber Spectroscopic Telescope)天文望远镜目前正处于研制中期,建成后将成为世界上 4 米级口径以上的光学望远镜中的视场之最和光谱观测效率最高的望远镜^[1]. 该望远镜的总控系统是一个庞大的软件工程,其分布式系统异构平台之间的通信是关键子课题之一,而开发平台则由分布式多种异构操作系统组成.

这架望远镜高层次软件系统的最顶端是观测控制系统 OCS(Observatory Control System). OCS 下辖 3 大模块,分别是望远镜控制系统 TCS(Telescope Control System)、仪器控制系统 ICS(Instrument Control System)和数据处理系统 DHS(Data Handling System). TCS 和 ICS 又分别下辖若干个子系统,控制各种不同机电实体,以完成对天体的观测任务^[2]. 目前国际上大的天文望远镜在观测控制系统上大多采用免费的开放式的 Linux 操作系统,有不少成熟的天文应用软件可用. 为了有利于国际交流, LAMOST 的 OCS 上也采用 Linux 操作系统. LAMOST 的 TCS 下辖 8 个子系统(如图 1 所示). 鉴于对目标天体观测的实时性要求, TCS 上配备了 QNX^[3], 一种国际上公认的优秀实时操作系统,特别适合于 x86 处理器. 至

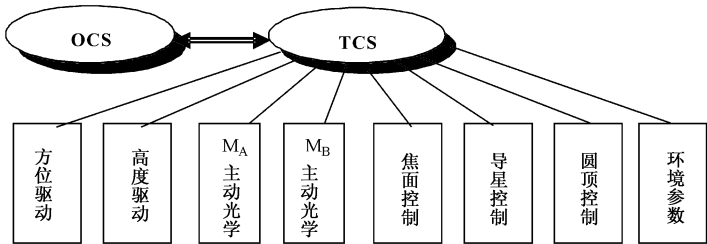


图 1 TCS 及与其有关的高层次软件模块框图

^{*}国家重大科学工程项目(0983)资助
E-mail: xqxu@rairc.ac.cn

于 TCS 下属各子系统采用的操作系统的选择则取决于多种因素,包括程序运行的实时性要求、硬件供应商提供驱动器软件的使用环境等。不言而喻,我们面对的肯定是一个分布异构操作系统环境。同时,由于 OCS 主要在合肥中国科学技术大学开发,而 TCS 主要在南京天文光学技术研究所开发,DHS 主要在北京开发,所以远程联调提到了议事日程。此外,即使将来整个望远镜都放到国家天文台兴隆观测站,望远镜控制系统还要提供遥控等功能,这同样需要对 LAMOST 异构平台远程通信进行研究,并积累必要的经验。

2 本地通信模拟系统

在和合肥中国科技大学进行远程联调以前,我们首先在南京天文光学技术研究所总控开发平台上进行了本地通信模拟。其主要目的在于:(1)为远程异构平台之间的通信研究做准备;(2)研究 TCS 和 OCS 之间的接口;(3)模拟 LAMOST 物理观测流程。

2.1 开发平台

开发平台如图 2 所示。其中 TCS 用一台 COMPAQ AP500 来模拟,OCS 用一台 PII233 模拟,其他两台 NEC PIII500 分别模拟机架控制子系统 MRCS (Mount Rack Control System)和主动光学控制子系统 AOCS (Active Optics Control System)^[4]。原则上图 1 中 TCS 属下所有子系统都应该有各自的微机来模拟,但考虑到目前只是调试,有两台也就够了(实际上,多个子系统可以在同一台计算机屏幕上分窗户显示。);反正该网络是开放性的,随时可以挂更多的 PC。本地网络 LAN 采用 10 兆/100 兆自适应以太网。TCS、MRCS 和 AOCS 3 台计算机上都装有 QNX 实时操作系统,OCS 计算机上则装有 Linux 操作系统。从该平台的组成来看,OCS 与 TCS 之间是异构的。

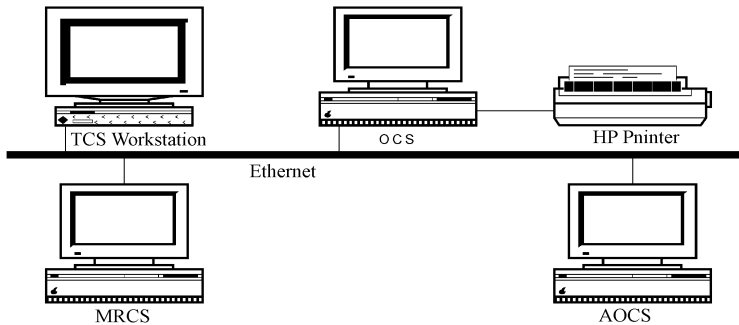


图 2 LAMOST 总控模拟系统硬件开发平台

2.2 通信机制

上述分布式系统进程间的信息流交互有两种方式。一种方式是基于 QNX 内部 Fleet 协议的交互,交互的进程可以在同一个 QNX 节点上,也可以在不同的 QNX 节点上(Fleet 协议的突出优点在于其透明性,使得在同一本地网上的所有 QNX 节点形成一个资源庞大的虚拟机);另一种方式是采用 TCP/IP Socket 的套接字来完成 OCS 与 TCS 两个异构节点之间的交互。选择 TCP/IP Socket 套接字方式的理由主要有:(1)这是一种常用的网络通信方式,为网络工程师所熟知;(2)由于 TCP/IP 协议在互联网上的普遍适用性,一旦室内调试成功就能方便地推广到远程,只是后者可能会呈现出较明显的网络延迟现象;(3)经济,不再需要大量的额外投资。

2.3 OCS 与 TCS 之间的数据流

图 3 显示了 OCS 和 TCS 接口之间最基本的数据流。从 OCS 向 TCS 发出的是命令,包括命令参数。从 TCS 向 OCS 返回的信息有 4 种:(1)“未知命令”,表明 OCS 发出的命令未通过 TCS 的语法检查;(2)“不能执行”,表示命令通过语法检查但被执行子系统状态不允许命令执行;(3)“ok”,表示可以执行;(4)被执

行子系统返回的状态信息,包括报警信息.

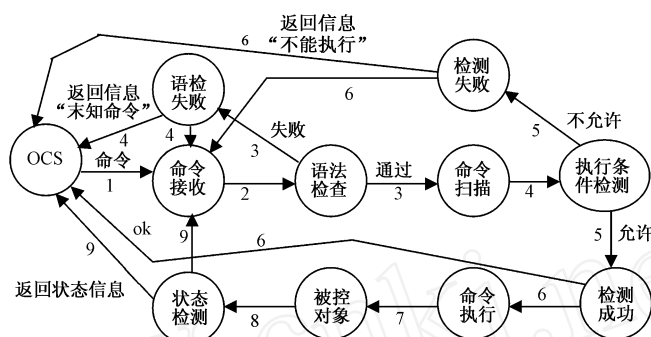


图 3 TCS 和 OCS 之间的接口数据流

2.4 TCS 接口命令集及功能状态标识符

命令集是从 OCS 向 TCS 发出的重要接口信息流. 接口要清晰, 能简单则尽量简单, 以利于维护, 但同时要提供一切必要的功能. 此外, 为了有利于命令执行中的解析处理, 对于功能模块、命令和各种状态信息都要有一个唯一的标识符.

经过对当代国外大天文光学望远镜控制系统的分析, 结合 LAMOST 的实际情况, 我们提出了 9 大类共 27 条接口命令^[5]. 它们分别是: (1) 系统状态检查命令集含 3 条; (2) 系统环境控制命令集含 1 条; (3) 圆顶控制命令集含 2 条; (4) 焦面控制命令集含 3 条; (5) 主动光学控制命令集含 3 条; (6) 机架控制命令集含 10 条; (7) 导星控制命令集含 2 条; (8) 数据库访问命令集含 1 条; (9) 全自动观测和观测结束命令集含 2 条. 应该指出的是, 上述命令中若干条还可以进一步细分成若干子命令, 体现了命令的层次性.

对于标识符的定义, 在 LAMOST 软件协调开发组 (合肥、南京和北京 3 地) 中取得了统一, UID (Universal Identification) 的定义如下所示^[6].

控制子系统 ID	.	子系统功能模块 ID	.	细分功能模块 ID	.	识别 ID	.	命令状态 ID
功能模块 UID								

上面的 UID 行中共有 5 个 ID 组合组成, 不同层次间的 ID 用点号分开. 每个 ID 定义取值为一个正整型数, 如某个 ID 的取值为 0, 则表明该 ID 无定义. 同一层次间的 ID 正整型数值与其代表的事物一一对应. 其中功能模块 UID 从高层到低层占了 UID 行中从左到右的 3 个 ID. 举例说来, TCS 圆顶打开功能的 UID 可以分成 3 个层次, 即: TCS > 圆顶 > 打开, 其 UID 可定义为 2. 7. 1. 相应地推断, TCS 的圆顶功能的 UID 为 2. 7. 0, 最后一个 0 表示其细分功能模块无定义. 值得注意的是命令和状态的 UID 用相应的“功能模块 UID”加“识别 ID”加“命令状态 ID”形成. 其中“命令状态 ID”为 1 时表示命令, 为 2 时表示状态. 至于“识别 ID”则用于具体区分同一功能模块 UID 下的不同命令或状态. 例如对于 TCS 焦面姿态控制中的第 1 个电机的驱动, 其 UID 可以定义成 2. 5. 2. 1. 1. 其含义可以唯一地解释成 2 (TCS). 5 (焦面). 2 (姿态). 1 (第一个电机驱动). 1 (命令). 相应地 2. 5. 2. 2. 1 可以唯一地解释为 TCS 焦面姿态控制中的第 2 个电机的驱动.

2.5 接口命令通信结构

经与合肥中国科技大学 OCS 研制组协调, 接口命令和状态的传送结构达成了一致.

ocs 发送命令的结构:

```
struct Command
{
    char cCmdCUID[30]; //当前命令 UID,格式为标准 UID + ". " + "YYYYMMDD"
                        // + ". " + "HHMMSS"
    char cCmdParameter[100]; //命令参数, 命令 参数 1 参数 2
    int iPriority;           //命令执行优先级
    bool bSync;             //是否为同步请求
}
```

命令返回的结构:

```
struct CmdResult
{
    char cResult[100]; //返回的信息
    int iErrorCode;    //命令发送后返回的代码
                        // "0" 表示命令被接受
                        // 表示各种错误的代码(待定义)
}
```

tcs 返回状态的结构:

```
struct Status
{
    char cRelatedCmdCUID[30]; //状态的相关命令 UID,定义同上
                            // 如果没有相关命令,则此值为"0"
    char cStatusCUID[30];    //当前状态 UID,格式为标准 UID + ". "
                            // + "YYYYMMDD" + ". " + "HHMMSS"
    int iSeverity;           //状态的程度: 1      信息
                            //           2      警告
                            //           3      错误
                            //           4      致命错误
    char cStatusAttribute[100]; //状态属性, 属性 1 属性 2 属性 3
    bool bExeStatus;          //是否为执行反馈信息
                            // 如果为执行反馈信息,则 cStatusUID 记录
                            // 执行反馈信息返回的时间,格式为:
                            // "YYYYMMDD" + ". " + "HHMMSS";
                            // 执行反馈信息填在 cStatusAttribute 中
                            // 执行反馈信息状态为"ACTIVE"时,同时可反馈
                            // 执行的进度,以百分比记;忽略 iSeverity.
}
```

2.6 物理观测流程模拟

根据实际的望远镜观测流程,我们编制了一个简化演示程序,内容包括:《观测前从 OCS 发命令给 TCS 检查其属下各子系统的状态》 《打开圆顶》 《OCS 给 TCS 发送被观测天区中心的坐标》 《TCS 控制望远镜机架进行指向》 《指向完成后望远镜进入跟踪》 《借助 CCD 导星提高跟踪精度》 《启动光谱仪采集被观测天体的光谱数据,此时望远镜机架继续进行跟踪,同时控制焦面进行旋转补偿.光谱仪启动采集数据后每过 1 s,TCS 向 OCS 返回机架位置信息,每过 1.5 min,施密特校正板面形被主动光校正一次,以提高数据质量.实际观测时这一过程要 3 h,中间还有 2 次背景光拍摄和调焦等,而模拟时这一过程不到 20 min》 《观测结束后关闭导星器》 《望远镜快速退到原位》 《关闭圆顶》 《TCS 处于待命状态》.这一模拟演示是依靠分布式系统上的若干个进程间的交互来实现的,其中包括了 2.2 通信机制这一节中描述的 2 种方式,既有同构的又有异构的.另外,为增加演示效果,我们采用基于对象动态生成控件的编程技巧,编制了整个流程的视觉图像界面.例如当圆顶打开时,在计算机屏幕上就动态显示圆顶的打开.当然,所有的数据都是模拟数据,没有机电实体的参与.这一模拟系统已于

2001 年 7 月 1 日通过了 LAMOST 工程部组织的专家组评审。

3 远程通信联调模拟

在本地通信模拟成功的基础上,我们对远程通信进行了实测.这是 LAMOST 大软件工程异地开发到一定阶段的必要环节,对于检查软件接口的协调性有着积极的意义,也为以后对该望远镜遥控等做一些必要的技术储备.2002 年 12 月我们提出了实现 OCS 与 TCS 远程通信联调的一个技术草案.草案提出在 TCS 的接口信息流处理上,将命令通道和状态反馈通道分开,以避免两者的相互干扰,即开 2 个端口(一发一收)和 2 个进程(也是一发一收).建议在 OCS 上对应其下属的每个模块(如 TCS、ICS 和 DHS 等)也开 2 个端口和 2 个进程,这样在 OCS 上共开 6 个端口和 6 个进程,以充分利用 Linux 的多进程优势,确保通信互不干扰.根据软件工程进展的具体情况,目前的远程通信仅限于 OCS 与 TCS 之间.通信接口示意图见图 4.通信机制采用基于 TCP/IP 的 Socket 方式.2003 年 1 月 22 日上午在南京天文光学技术研究所 TCS 总控开发实验室内进行了远程通信联调演示^[7].远程通信的对方是合肥中国科技大学 OCS 研制组实验室.为了使得在 TCS 总控开发实验室内观看演示的人同时能看到两地电脑显示屏的观测流程(流程见 2.5 物理观测流程模拟一节中叙述的内容),我们分别利用 xterm 和 telnet 遥控合肥中国科技大学 OCS 工作站向南京天文光学技术研究所 TCS 总控工作站发演示程序命令,实现了异地观测模拟流程的第一次成功演示,尽管这个演示在一定程度上还只是原理性的.在实测中发现两地之间的数据传输率至少以维持在 80 kb/s 以上(测试时间大约为当天上午 10 00 到 11 30)。

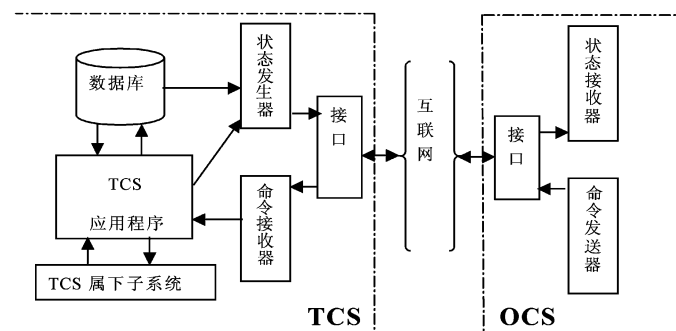


图 4 OCS 与 TCS 远程通信接口示意图

4 结束语

LAMOST 异构平台通信研究这一子课题的进展总的来说还比较顺利,也取得了一些阶段性的成果.但是应该意识到还有不少问题有待深化和探讨,诸如接口协议的细化、与工程实践性的结合、远程通信以及保障系统安全等.值得一提的是,高性能计算中的并行可视化技术,减少远程通信海量图像数据所产生的延迟等问题,可以增加和改善遥控演示,但却在本地观看的视觉效果,也是应该进一步研究的一个方面.相信在这方面的探讨将会对 LAMOST 工程另一子课题“LAMOST 天文光谱观测数据的传输、处理和保存”的开展有所裨益.任重而道远,我们决心一步一个脚印不断摸索,克服困难,不断前进.

参 考 文 献

- [1] 苏洪钧,崔向群. LAMOST 项目介绍. 见:崔向群. 97 天文望远镜及仪器新技术学术交流会议论文集. 庐山:中国天文学会天文仪器与技术专业委员会,1997. 79
- [2] 徐欣圻. LAMOST 望远镜控制系统. 天体物理学报,2000, 20(增刊): 44
- [3] 徐欣圻. QNX 实时操作系统及其在大型天文望远镜上应用前景初探,天文仪器与技术,1999, 61: 72
- [4] Xu X Q, Zhou J, Xu L Z. Software simulation of the LAMOST control system. In: Andersen T. Integrated Modeling of Telescopes. Lund: SPIE, 2002. 148
- [5] 徐欣圻. OCS 和 TCS 接口协议中的命令集. 见:LAMOST 工程部技术报告. 2002
- [6] LAMOST OCS 研究组. LAMOST OCS 与子系统接口协议 1.00. 2002.4
- [7] 徐灵哲,徐欣圻. 关于实现 0-级 OCS 和 TCS 系统联调的技术草案. 见:LAMOST 工程部技术报告. 2002

Study on Communication Between Inhomogeneous Platforms of LAMOST

XU Ling-Zhe XU Xin-Qi

(Nanjing Institute of Astronomical Optics & Technology, National Astronomical Observatories,
Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210042, China)

Abstract The paper outlines the research progress on the communication initially in the local simulating system and finally in the remote area between Nanjing and Hefei, with the focus on the communication principle, interface and test results. The local simulating system passed the critical review of the expert group on July 1, 2001 organized by the Engineering Headquarters. The Nanjing-Hefei remote communication test has also achieved its success.

Key words LAMOST, inhomogeneous platform, remote communication