

佘山 25 m VLBI 测站的远程监控

王玲玲, 薛祝和, 赵融冰, 凌权宝, 王锦清

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

摘要: 目前国际上 VLBI 系统的发展趋势是: 串口控制向网络控制发展, 模拟设备向数字设备发展, 本地控制向远程控制发展, 事后处理向实时处理发展。为与国际 VLBI 系统的发展趋势同步, 并为今后工作作技术储备, 进行了佘山 VLBI 站的远程控制开发。通过增加自动化接口板卡和开发软件, 对上海天文台佘山 25 m VLBI 基地设施手工操作的工作方式进行自动化, 对接收机、天线、终端、时频各子系统主要设备的状态进行周期监测, 对各类故障进行分类处理, 对实验中设备非器件实质性故障的出错进行自动修复, 然后通过 B/S 方式实现远程监控, 从而使之成为我国第一个可远程监控的 VLBI 观测站。佘山 VLBI 测站的远程监控系统大幅度提高了设施的自动化程度和实时性, 也提高了系统的可靠性。

关键词: 甚长基线干涉测量; 自动化操作; 远程监控

中图分类号: TP311.5, P228.6

1 引言

VLBI (Very long baseline interferometry, 甚长基线干涉测量) 技术是 20 世纪 60 年代兴起的超高分辨率、超高测量精度的射电干涉新技术。该技术具有观测不受时间和天气影响、精度高、抗干扰能力强等优点。目前, VLBI 技术已能获得 10^{-9} 的甚长基线相对精度和亚毫角秒级的超高空间分辨率, 在天体测量、天体物理、地球动力学和航天器轨道测量等诸多领域有重要科学意义和实用价值。我国探月一期工程已经采用 VLBI 技术进行卫星精密测轨。

佘山 25 m VLBI 测站设备众多, 从功能上可大致分为 4 大部分: 接收机、天线控制、终端记录及时频。各部分设备有各自的控制系统, 在执行观测任务时各控制系统独立运行, 同时又需协调合作, 这个过程中很大一部分工作需要人工操作完成。而远程监控具有灵活、高效、实时性高、成本低特性, 是国际 VLBI 系统的发展趋势之一。目前已经有部分国家使用远程控制的方式进行 VLBI 观测。

由于全球工业化、城市化、电讯普及化进程的加快, 射电天文观测站周围的无线电环境越来越恶化, 我国也不例外。观测站今后势必要建到越来越远的荒凉之地。观测站的远程监控可以大幅度降低后勤保障工作量和费用, 提高科研人员的工作效率和观测设备的利用率。本项目的研制可以积累这方面的技术与运行管理经验。

另外, 佘山站的远程监控开发, 可为我国探月二期工程台站的监控作技术储备。

2 系统设计

佘山 VLBI 测站的远程监控是要实现用户可以在任何地点通过网络访问测站服务器, 从而控制测站设备完成观测。用户无须安装特殊的客户端程序, 只需通过浏览器即可访问, 如图 1 所示。

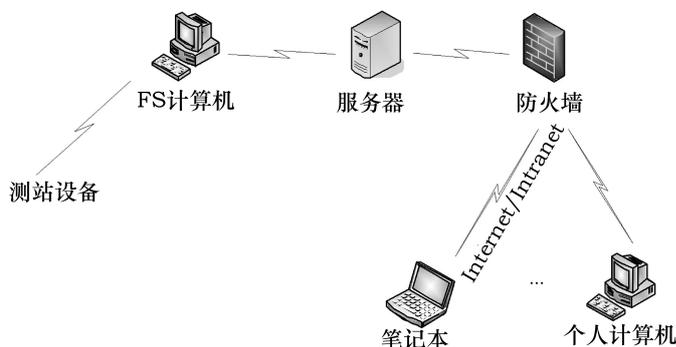


图 1 系统简图

用户的访问工具可以是笔记本或个人计算机等, 用户根据权限分为高级用户和普通用户, 分别可以控制测站设备和只能浏览设备的状态信息; 而网络可以是因特网或者局域网。

如前所述, 观测站设备的很多操作需要人工完成, 要实现远程监控, 第一步工作就是要实现本地操作的自动化, 继而实现远程监视与控制操作。而佘山站的设备众多, 从功能上可大致分为 4 部分: 接收机、天线控制、终端和时频。测站设备已有软件包括: FS 软件——操作和控制终端设备; 天线控制软件——控制天线设备; 时频系统软件——进行时频系统时间比对数据处理及钟房数据采集任务。据此现状, 本系统设计分 4 部分进行: FS 本地控制、天线控制、时频、服务器。其中:

(1) FS 本地控制软件实现对观测站设备的自动化操作, 另接收来自观测站服务器和观测纲要文件里的命令, 然后根据这些命令去控制站里相关的设备 (接收机、天线、终端、时频) 做相应的工作, 同时, 将有关的设备状态等信息传送给服务器;

(2) 将现有的天线控制软件和时频系统软件升级, 使其完成设备的自动化操作, 且能够响应 FS 本地控制软件的命令, 并将天线状态信息和钟房设备状态信息实时发送给服务器软件;

(3) 服务器软件实现用户交互、设备交互及数据管理等功能, 接受用户请求, 满足用户远程监视、控制及查询需求。

系统示意图参见图 2。

客户端访问观测站服务器, 服务器与站内设备通讯, 完成相应的动作。其中, 客户发出的控制命令由服务器传达给 FS 计算机, 再由 FS 计算机与相应设备交互, 完成控制动作; 而设备状态信息由各设备控制软件直接发送给服务器。

整个系统使用的编程语言包括 C/C++、C#、ASP.NET、VC++、Shell、SNAP 等; 运行环境包括 Debian Linux、Windows XP、Windows server 2003、VS Studio/.NET 等; 通讯协议包括 TCP/IP、UDP、RS422/RS232、HPIB 等。

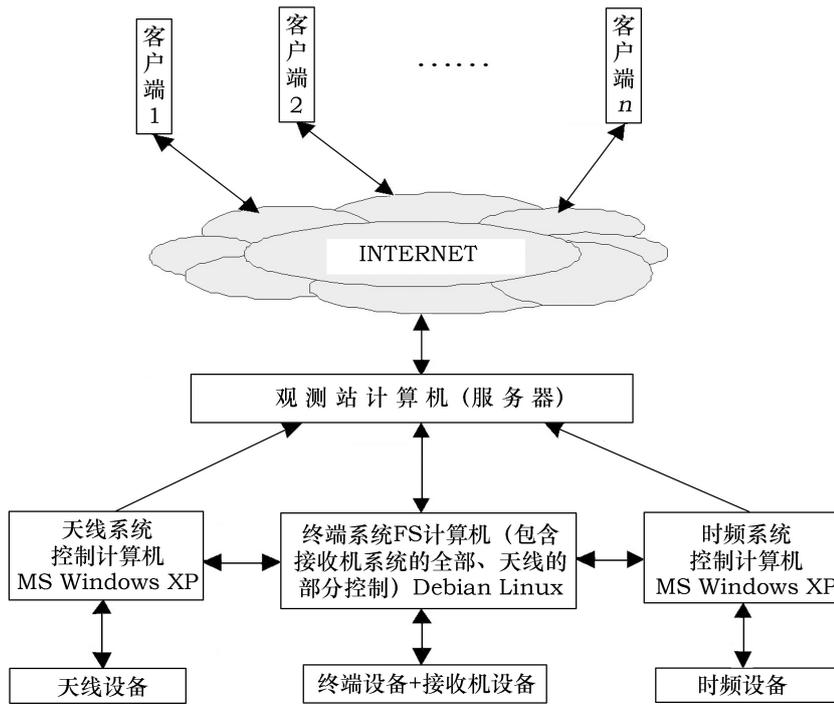


图 2 系统示意图

2.1 FS 本地控制软件设计

FS 软件^[1]，即 Field System，是一套由美国 NASA 研制的多数 VLBI 测站都在使用的观测操作软件。本地控制软件是 FS 软件的一部分，由测站自己研制。为了实现余山 VLBI 测站的远程监控，首先要实现测站设备操作的自动化。为此，我们编制了运行在 FS 软件下的 3 个线程 stsvr (服务器信息处理)、stqkr (终端系统、接收机、钟房设备控制) 和 antcn (天线控制)，其主要功能模块参见图 3。

FS 本地控制软件获取终端和接收机设备的状态信息，同时完成测站所有设备的控制动作、以及设备的检测。它与其他设备的硬件连接较多，如图 4 所示。接口协议包括了 RS232、RS422、TCP/IP、FTP。

2.1.1 服务器接口模块

与服务器之间的接口协议包括 TCP/IP、FTP，任务执行过程是：接收服务器发送的指令后，分析指令是否符合接口约定，若符合则将指令内容正确地转化为相应的 SNAP 命令组或者 shell 命令组。同时，将服务器要求的信息返回给服务器。

2.1.2 观测文件处理模块

从指定服务器下载观测纲要文件和卫星数据文件 (若同时观测卫星)，检查文件的正确性后生成时序控制文件和过程控制文件。然后，根据不同的观测情况 (如观测对象、波段、记录载体、观测模式等) 修改文件，并根据情况自动增加相关过程。最后，将该实验的时序控制文件和过程控制文件传送给观测站服务器，将该实验的时序控制文件和卫星数据文件发送至天线控制软件，同时，自动生成并打印观测摘要表。

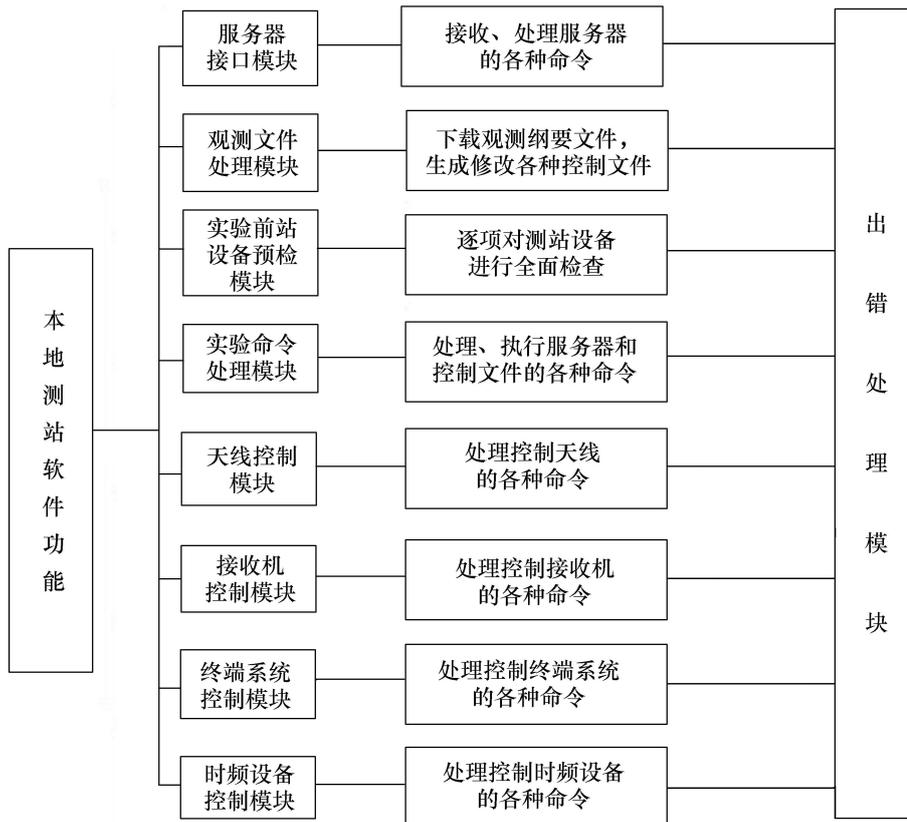


图3 软件功能模块图

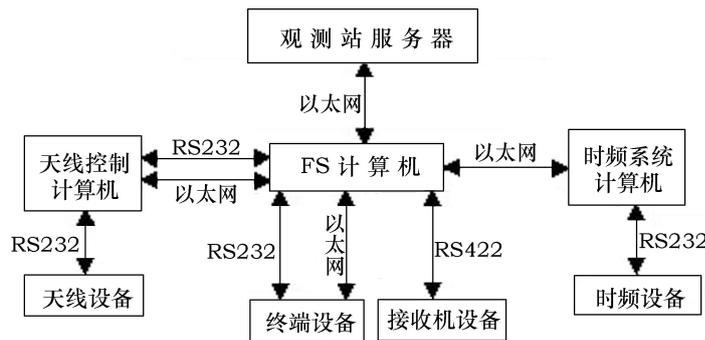


图4 FS本地控制软件硬件接口图

2.1.3 实验前站设备预检模块

根据观测纲要文件的观测模式，逐项对观测站各种设备进行实验前的全面检查：

- (1) 通知天线设备进行自检；接收、分析天线计算机的自检信息。
- (2) 采集、分析时频设备数据，判断当前是否一切正常。
- (3) 采集、分析接收机数据，判断当前是否一切正常。
- (4) 进行终端系统自检。包括所有原来需要手工操作的数十项检查。
- (5) 进行 VLBI 系统数据正确性的综合检查。

将观测站各种设备实验前全面检查的结果整理后按约定发送给服务器。

2.1.4 实验命令处理模块

分析、翻译转化、执行服务器的各种命令; 分析、执行来自时序控制文件和过程控制文件的各种命令。执行的命令和运行当中产生的信息、结果与时标一起存档于 Log 文件。

2.1.5 天线控制模块

接口协议为 RS232, 任务内容是分析、执行控制天线的各种命令。比如控制天线转到规定参数位置的观测源 source 命令以及 azeloff、radecoff、track、antenna 等命令, 通过网络控制天线进行自检的 check 命令以及 ready、safe、skd、wait、stop 等命令。

2.1.6 接收机控制模块

接口协议为 RS422, 任务内容是执行控制接收机的各种命令。比如, 控制接收机输入信号大小的 xdb、sdb 命令以及检测接收机状态的 rcv、xdw、cal 等命令。

2.1.7 终端系统控制模块

接口协议为 RS232 或 TCP/IP。任务是处理控制终端系统的各种命令, 比如 gpstime、cable 等命令。

2.1.8 时频设备控制模块

接口协议是 TCP/IP, 负责处理控制采集时频设备的各种命令, 比如 wx、clocknow 等命令。

2.1.9 出错处理模块

对每一设备的控制动作都设置出错处理, 所有出错信息都实时记录到 Log 文件以备查询、分析。

2.2 服务器软件设计

根据研究目标, 服务器软件运用 IIS 6.0 + ASP.NET 2.0 + SQL Server 2005 技术组建 Web 服务器来实现用户的远程登录访问, 同时, 建立数据库进行数据的管理。用户打开浏览器, 登录服务器, 经身份验证, 进入相应权限的用户界面进行访问。

根据约定, 高级用户拥有最高权限, 可以控制测站设备; 普通用户则只能监视测站设备状态和查询状态信息数据。

服务器软件通过网络接口获取测站设备的数据, 数据经分析处理后分类存储到数据库以备用户查询, 同时在界面上实时显示。软件功能模块如图 5 所示。

2.2.1 用户界面

用户界面如图 6 示力求简洁直观, 重要信息以红绿颜色来标注正常与否; 使用 Ajax 技术, 使界面可以实时更新显示数据。Ajax 的最大优点就是能在不更新整个页面的前提下维护数据。这使得 Web 应用程序更为迅捷地回应用户动作, 并避免了在网络上发送那些没有改变过的信息^[2]。

2.2.2 用户身份验证

如图 7 示, 用户输入用户信息, 请求登录, LogInCheck 获取用户注册信息, 利用 ADO.NET (ActiveX Data Object.NET) 的 DataAdapter 类及 DataSet 类连接到保存信息的数据库, 并获取信息, 然后与用户输入的登录信息进行比较确认并返回结果。ADO.NET 是

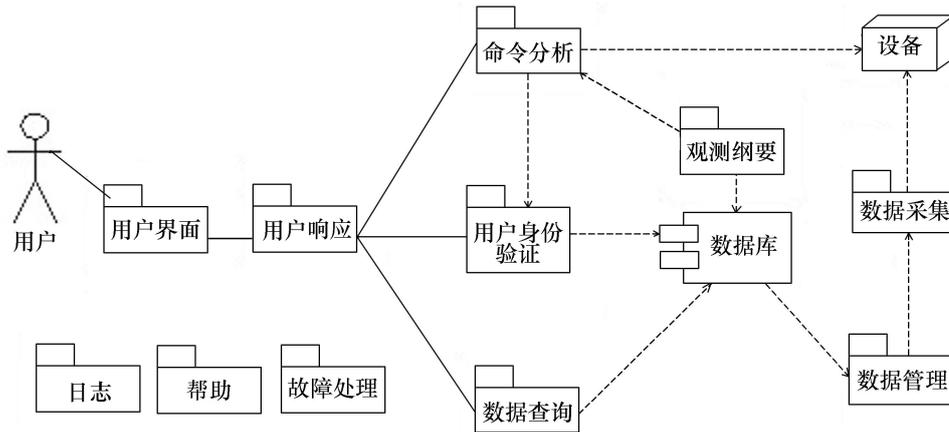


图5 服务器软件功能包图

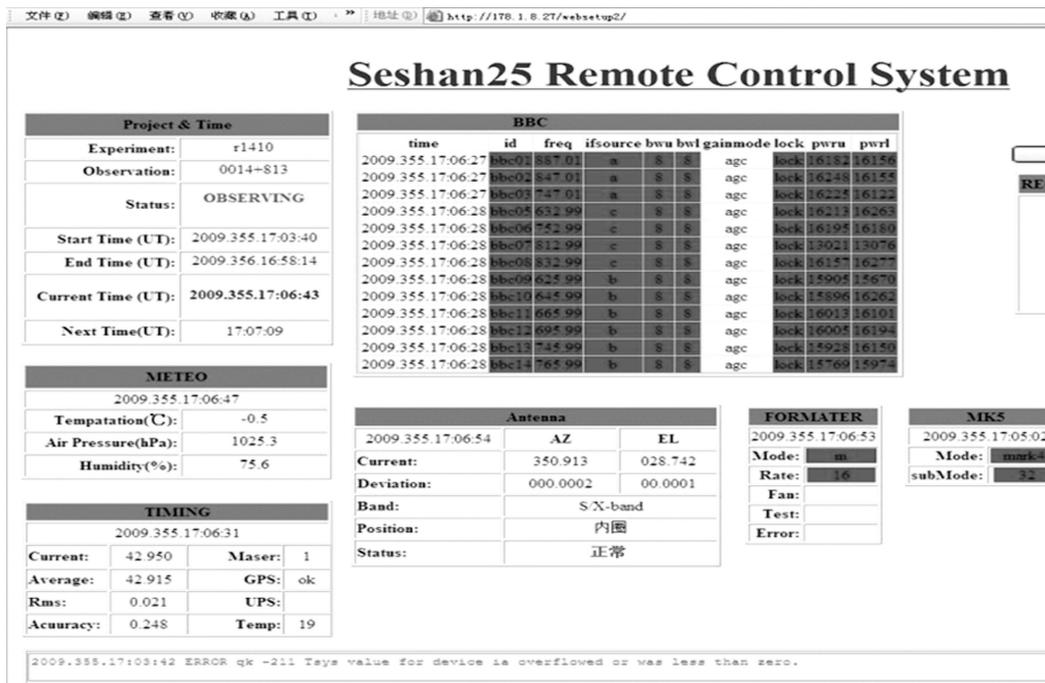


图6 用户界面

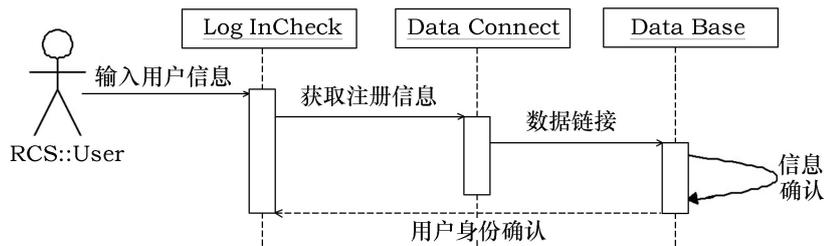


图7 用户身份验证顺序图

.NET 平台中专门用于存取后端数据库与进行数据库操作的一组类, 可以将 ADO.NET 视为 ADO 的改进版, 不过它比 ADO 功能要强得多。ADO.NET 也 加入了过去所没有的面向对象的结构, 让数据库应用程序的编写更为结构化^[3]。

2.2.3 观测纲要

如图 8 所示, 用户选择观测模式, 点击“Schedule”命令之后, 服务器首先在本地查找相应观测纲要文件(若本地没有则按事先约定下载文件), 获取观测纲要信息, 运行“PreCheck”进行系统预检, 预检成功后开始运行观测纲要文件, 直到整个观测结束。

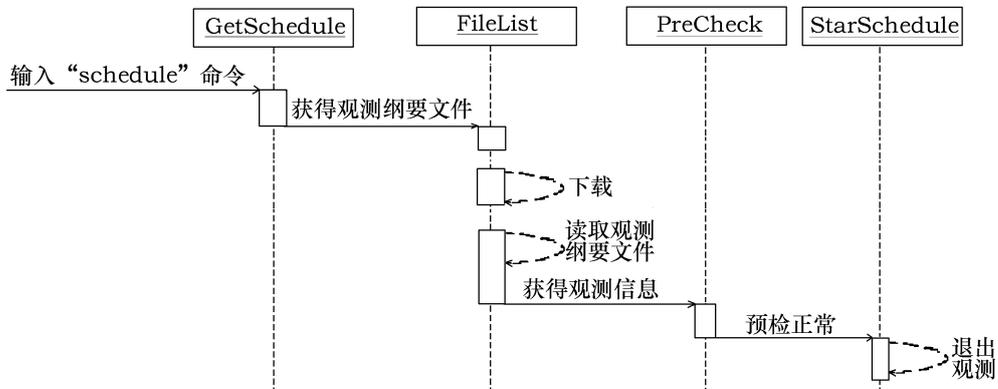


图 8 观测顺序图

2.2.4 数据查询

如图 9 所示, 用户提出数据查询请求, 服务器接收到后连接数据库, 调用相应数据, 根据查询要求显示或提供下载。

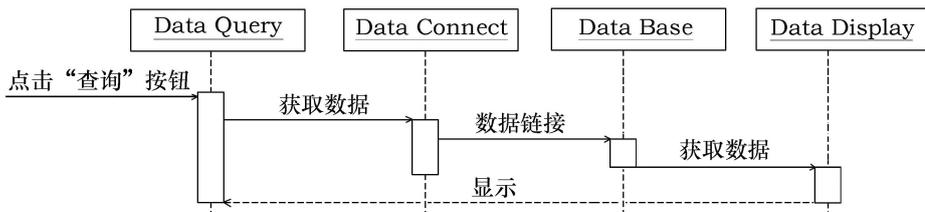


图 9 数据查询顺序图

2.2.5 数据采集

如图 10 所示, 各设备的数据采集均通过 Socket 类实现, Socket 初始化后等待网络连接, 接到客户端连接时, 查看连接的端口与事先约定比较, 判断数据来源及性质, 获取数据, 然后连接数据库, 分类保存。

2.3 网络安全性设计

关于网络安全性问题, 主要从两个方面考虑:

(1) 系统和硬件方面, 服务器与外部网络之间设置防火墙防止外部非法侵入, 服务器上安装防病毒软件实时查杀病毒或木马。

(2) 软件方面, 对访问服务器的用户进行权限管理, 根据权限不同可分为普通用户和高级用户, 对高级用户的同时在线人数也有所限制。

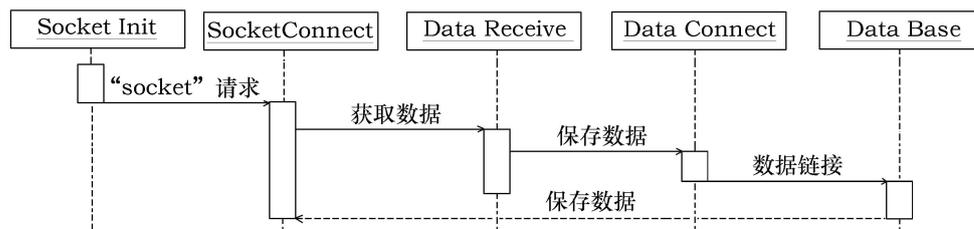


图 10 数据采集顺序图

3 系统实现和结果

国际上,已经有部分国家使用远程控制的方式进行 VLBI 观测,但是除了德国、日本等少数几个国家的测站外都是使用简单 ssh 远程登陆方式,没有进行自动化操作的软件开发,运行中出现错误不能自动纠错,所有情况需要人工判别,所有操作都还需人工干预,仅仅只是把操作员从观测站改到远地。我们实现了测站设备操作的全部自动化。以下为与国外同类系统的主要差异。

本系统优点:

(1) 使用、操作更简单。佘山远程监控系统实现了测站 VLBI 观测标准操作的全部自动化,从观测文件处理、设备预检到观测运行实现了一键式自动化操作。相比国外的同类系统,操作员需要的 VLBI 知识可以较少,操作花费的时间也较少,同时还减少了人工可能引入的差错。

另外,使用该系统不需安装任何程序,不需掌握任何命令行参数,只要在浏览器上填入网络地址即可。而国外测站的远程监控系统(除德国等个别站外)在 linux 系统下操作,需要掌握启动 X window 的 ssh 命令行参数;在 Windows XP 系统下操作,需要事先在本地机上安装 ssh 程序。

(2) 适应的观测复杂程度较高。佘山站除了参加国际上的天体物理、天体测量标准观测外,还要参加国内的探月观测。国内探月网观测根据探月的实际需要采用了一些非标准的设置,如增加了卫星观测跟踪,工作模式为非国际标准定义的模式,卫星观测的功率波动太大(与射电源观测明显不同)以至接收机要随时根据变化调整衰减值等,这些与标准 VLBI 观测不同或不一致的情况增加了程序的复杂度。

(3) 具备自动监测、自动修复功能。佘山远程监控系统除可远程操作外,还具有自动识别各类错误的功能。它能定时采集天线、接收机、终端、钟房系统所属各种设备的状态数据,然后根据目前实验的要求,经分析判断后,按可能损坏设备的错误状态、严重错误状态、一般错误状态进行分类管理、存档、显示。对前两类错误状态显示红色、闪烁并发出警报声,以提醒操作员。

通过分析以往各类观测故障的情况,该系统对部分非器件性故障(如格式器失锁等)进行了自动恢复处理,最大限度地提高观测质量和得到尽可能多的有效数据。因此,不需要操作员一直监视操作屏幕。

(4) 即使网络出现故障仍可完成本次实验。鉴于国内网络有时会出现故障,我们在 FS 主控计算机上以批处理方式运行程序,一旦观测启动后即使外部网络完全中断,观测站的设备仍可按照最初的安排自主完成任务,直至本次实验结束。当然,此时远地无法看到观测站的

工作情况(注:网络短暂故障并修复时,软件会自动恢复正常工作)。

本系统缺点:

(1) 开发成本高。该系统中服务器部分采用了 Windows 操作系统+数据库。数据库的使用使得各类数据的查询较方便,编程也较方便,但却增加了购买正版数据库软件的费用。

(2) 还未达到多台站同时远程控制。德国在 2006 年完成了单台站的远程控制软件后^[4],于 2009 年完成了 4 台站的远程控制软件^[5]。我们目前还不能同时远程控制国内 4 个 VLBI 站。

通过操作自动化、非器件实质性故障自动恢复,最后再通过浏览器/服务器的方式实现余山 VLBI 观测站的远程监控。同一时刻,只有一个有观测权限的用户能进行控制操作,其余用户只有查看、监视权。该有观测权限的用户可以在任何地方、任何计算机操作平台上控制余山 VLBI 站进行 VLBI 观测。该系统的实现提高了余山站的自动化程度、实时性和可靠性,使之成为我国第一个远程监控 VLBI 观测站。

目前,所有类型的天文观测都已在该系统中进行试运行。比如天体物理 (EVN) 的 N09L3 实验 (5 h 连续观测)、天体测量 (IVS) 的 R1410 实验 (24 h 连续观测)、国内探月网的 d0907 实验 (24 h 连续观测)。根据各处理中心的报告,这些实验均已获得正常的互相关处理条纹,说明此系统的使用效果良好。

4 展 望

VLBI 测站系统远程控制的优点明显,包括:

(1) 灵活、高效、实时性高,可快速、及时调整观测参数,快速检验台站性能,随时控制测站运转。在及时观测与分析突发的天文现象,探测大地板块的短时异常移动,实时监测地球自转参数,预报地震等自然灾害及军事航天领域有很好的应用前景。

(2) 自动化程度高,减少了人工引入的操作错误。

(3) 具备自动监测、非器件实质性故障能自动恢复正常功能。

(4) 人力成本低,特别适合边远地区、交通很不方便的观测站,以及人力成本高没有专职观测员的 VLBI 站 (国外大部分站的观测都由天文学家承担,没有专职观测人员),操作员可在天文台本部甚至家中进行观测。

但是,VLBI 测站系统远程控制的缺点也很致命,它要求本地观测站设备有很高的可靠性。因为一旦出现设备器件性的故障,将需要派人去修理,无法快速恢复正常。观测工作的延误情况将远比本地控制严重。

该系统的大部分程序和功能可直接用于我国探月二期工程。在积累了运行经验后,还可向全国高校和科研机构开放基地的远程观测权,充分发挥中国科学院已建成的 VLBI 观测基地之功能和作用,更好地利用我国投入巨额资金建立的 VLBI 基地开展天文研究。同时,也为今后在条件艰苦、交通不便的边远地区建立与使用远程监控 VLBI 观测站打下了技术基础。

目前,因为国内大部分 VLBI 站 (如余山站、南山站等) 都有专职观测人员,所以远程控制的优点之一“成本低、节省人力”不能得到充分体现;同时,有的国产设备 (包括网络运行) 可靠性还不是很,一旦出现设备故障需要人工修理。因此,国内 VLBI 观测远程控制的广泛应用还不是非常必需和完全可行。鉴于此,本课题的研究似乎有点超前。但我们相信,随着国产设备可靠性的不断提高,国内网络性能的不断改进,人力费用的不断提高,特别是边

远地区交通不便的观测站的建立, VLBI 观测的远程监控将在不远的将来得到普及。2009 年 12 月在德国召开的“EVN Technical and Operations Group Meeting”会议上, 欧洲 VLBI 网已经在酝酿, 将来 EVN 观测时, EVN 总部能够统一控制各相关观测站。

参考文献:

- [1] Himwich W E. MK IV Field System Volume 1&2. NVI, Inc./GSFC, 1994
- [2] Brett McLaughlin. 深入浅出 Ajax. O'Reilly Taiwan 公司编译. 2008
- [3] 刘捷, 张琳, 温才焱编著. ASP.NET2.0+SQL Server 动态网站开发从基础到实践. 2007
- [4] Gonzalo R, Sergio S, Hayo H. Remote Control of VLBI Operations. IVS 2006 General Meeting Proceedings. 2006
- [5] Alexander Neidhardt *et al.* New concepts for remote control of VLBI-telescopes and first experiences at Wettzell, “The 8th International e-VLBI Workshop” 会议报告, 22-26 June 2009, Madrid, Spain

Remote Control of Sheshan 25 m VLBI Station

WANG Ling-ling, XUE Zhu-he, ZHAO Rong-bing,

LING Quan-bao, WANG Jin-qing

(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract: The current international trend of the VLBI system is the development from serial control to network control, from analog equipment to digital equipment, from local control to remote control, and the development of post-processing to real-time processing. For synchronization with the international development trend, and for technical reserves for future work, Sheshan 25 m VLBI station had remote control development. Through increasing automation interface board and developing software to make the manual work at the Sheshan VLBI 25 m station to automate, periodic monitoring of the receiver, antenna, terminal and time-frequency equipments, dealing with all kinds of faults separately, auto repairing the non-substantive failure, and then achieve remote control through the way of B/S, we have built Chinese first remotely controlled VLBI stations. Sheshan VLBI station's remote control system greatly improved the facilities of automation and real-time, but also improved the reliability of the whole system.

Key words: Very long baseline interferometry (VLBI); automation; remote control