

上海天文台硬件相关处理机 Mark 5 数据回放功能实现*

王伟华

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

提 要

m2hc 程序是上海天文台硬件相关处理机的一个子系统,实现从 Mark 5 系统自动回放甚长基线干涉测量(VLBI)原始观测数据给相关处理机的功能。目前已工作在绕月探测工程 VLBI 测轨任务中。该文详细介绍了 m2hc 的设计和实现以及应用结果。

主题词: 甚长基线干涉测量 — 相关处理机 — Mark 5

分类号: TP274, P228.6

1 引 言

相关处理机是甚长基线干涉测量(Very Long Baseline Interferometry, VLBI)网的重要组成部分,每个参加台站的观测数据会传送给相关处理机,进行相关处理,然后由观测者做最后处理并发表结果。随着中国天文事业的快速发展,在2006年,新建北京密云、昆明凤凰山射电望远镜,并与上海佘山、乌鲁木齐南山站一起组成中国 VLBI 网;同时上海天文台研制开发硬件相关处理机,负责数据相关处理的任务。目前中国 VLBI 网承担了国家绕月探测工程中的 VLBI 测轨任务,硬件相关处理机是其中的重要组成部份。

随着 VLBI 技术的发展,观测台站大多用 Mark 5 记录系统取代了早期的 MK IV 或 VLBA (Very Long Baseline Array) 磁带机。目前有 Mark 5A、Mark 5B 两个型号^[2,3],中国 VLBI 网四个台站使用 Mark 5A 系统作为自己的记录终端^[1]。在各个台站观测时使用 Mark 5 系统记录采集数据;而在相关处理中心,硬件相关处理机则利用 Mark 5 系统作为数据回放设备,输入观测数据并进而完成相关处理。使用 C 语言,我们研制开发 Linux 系统上的软件 m2hc,作为硬件相关处理机的一个子系统,实现 Mark 5 数据自动回放的功能。本文简要介绍 Mark 5A 系统以及硬件相关处理机的系统结构;给出 m2hc 的设计和实现,以及利用该子系统后,硬件相关处理机的处理结果情况;最后简单总结并对下一步工作进行了展望。

收稿日期:2007-07-09; 修回日期:2007-08-09

* 天文联合基金(No. 10778721)项目资助课题。

2 功能需求

由于中国 VLBI 网台站采用 Mark 5A 系统,故硬件相关处理机和 m2hc 的开发都只考虑 Mark 5A 一种情况。

2.1 Mark 5A 系统

Mark 5A 系统是基于硬盘的 VLBI 数据记录系统,是基于标准 PC 计算机平台、商业化标准部件以及特别设计定制的接口卡研制开发而成,此外还包括可以拆卸和便携的硬盘阵列(由 8 个商用普通硬盘组成)^[2]。Mark 5A 系统的核心是 I/O 板和‘SteamStor’硬盘接口卡,通过这两个组件实现 VLBI 数据端口、磁盘阵列,系统主机 PCI 总线三者之间的连接,其中 VLBI 数据端口为输入和输出两路(参见图 1)。Mark 5A 使用 Linux 系统,程序 Mark 5A 负责 Mark 5A 的控制和具体操作^[4],可以使用串口和 TCP 协议与 Mark 5A 进行通信。

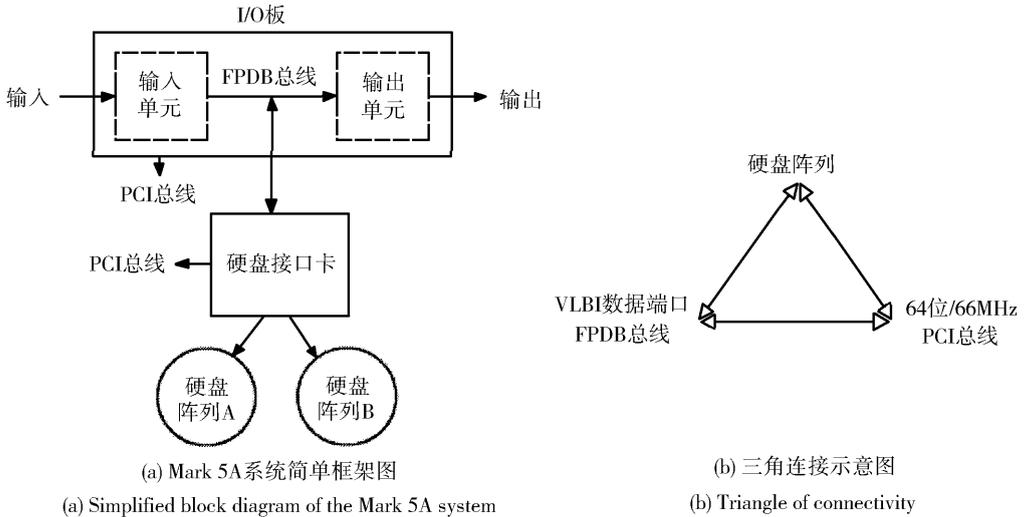


图 1 Mark 5A 系统^[2]

Fig. 1 Mark 5A system

在观测台站,格式器与 Mark 5 的 VLBI 数据输入端口之间用 50 芯双绞线相联结,来记录原始观测数据;在处理中心,可以把 VLBI 数据输出端口直接与相关处理机输入端口相连,直接回放数据给处理机^[5];也可以利用 Mark 5 系统 PCI 总线和网络,间接地回放数据给相关处理机,上海天文台硬件相关处理机采取后一种方式。

2.2 硬件相关处理机系统

上海天文台硬件相关处理机由上海天文台张秀忠研究员等研制开发,是一个五台站 FX 型相关处理机,其系统框架图参见图 2。最多能处理五台站数据,数据记录频段最多为 8 个,FFT 通道最大为 512,积分时间从 131.072 ms 到 1 h,处理速度最大为 256Mb · s⁻¹/station。硬件相关处理机包括如下子系统:

PBD: 负责相关处理机的数据回放。即从五个 Mark 5 系统或者从硬盘阵列读取观测数据,传送给 PBI 子系统;

PBI: 该子系统负责接收数据,进行解码、帧同步和数据校验,并扇出至 FFT 子系统;

FFT & MAC: 该子系统对台站原始数据进行时延补偿、条纹旋转、FFT、小数时延补偿和短

时积分,然后发送给 LTA 子系统。

MCC: 负责相关处理机理论时延、时延率的实时计算,并把结果发送给 FFT & MAC 子系统;

LTA: 负责对 FFT & MAC 结果进行长时积分,最后输出硬件相关处理机的最终结果;

CCC: 该子系统是硬件相关处理机的控制系统,控制整个硬件相关处理机的运行;此外还负责读取其它系统提供的相位校准信号和条纹搜索数据。

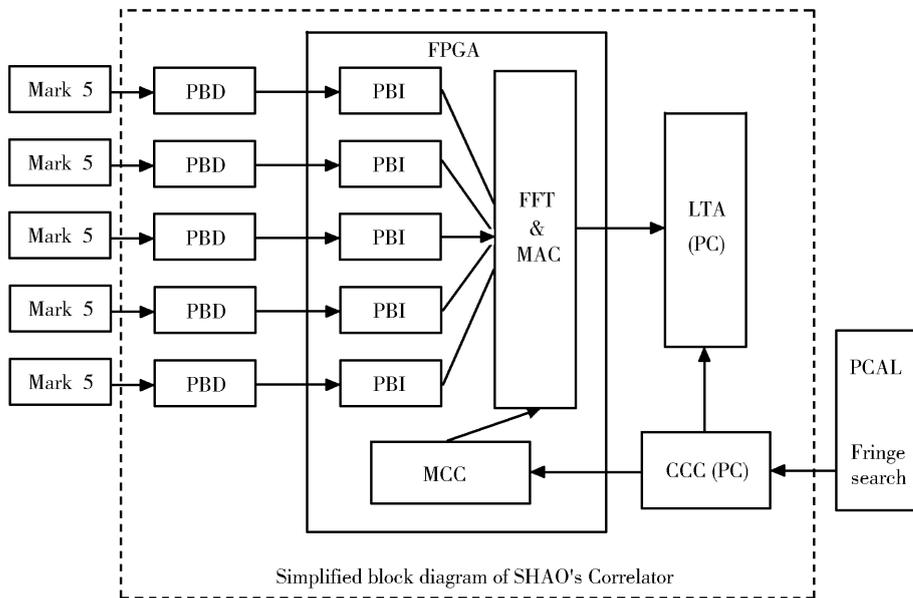


图 2 硬件相关处理机系统框架图

Fig. 2 A block diagram of Hard Correlator system

2.3 数据回放模块需求分析

在绕月探测工程 VLBI 测轨任务的实时观测模式下,各个台站的原始数据从 Mark 5A 系统传送到 VLBI 中心时,先被分割为一系列文件存放在 PBD 的硬盘中;然后 PBD 子系统调用数据分发程序读取硬盘中的文件,并把数据回放给 PBI 子系统。而在事后观测模式下,则不必如此:在 PBD 子系统上运行 m2hc,一方面控制 Mark 5A 系统并让 Mark 5A 系统发送数据给 PBD,另一方面接收数据并直接回放给 PBI 子系统。如此则不需要占用大量硬盘空间,同时效率更高,此外能够对多个 scan 批量操作。故 m2hc 有如下需求:

- 一次 VLBI 观测,包括多个 scan,故要求 m2hc 实现批处理自动化,能够对所有观测 scan 进行数据回放;
- 硬件相关处理机的 PBD 和 Mark 5A 系统通过网络连接,故要求 m2hc 使用 TCP 协议实现和 Mark 5A 的通信和数据转换,以实现本地和远程 Mark 5 的数据回放功能;
- PBD 和 PBI 通过 PCI-7300A 卡实现数据传送,因此需要使用 AD Link PCI 卡的功能函数库。

3 m2hc 子系统设计

3.1 框架设计

m2hc 程序的信息处理流程参见图 3,它主要包括四个模块:

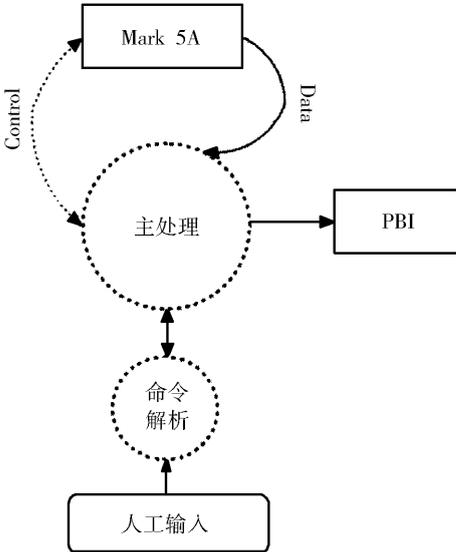


图 3 m2hc 子系统信息流程示意图

Fig. 3 The information flow diagram of the subsystem m2hc

命令解析模块 对命令行进行判断、检查和分析;然后把正确参数传递给主处理模块;

主处理模块 该模块是 m2hc 的核心处理模块。控制 Mark 5A,并执行回放数据命令;同时接收 Mark 5A 回放数据,通过 PCI-7300A 卡把数据流发送给硬件相关处理机 PBI 进行处理;

错误处理、内存分配和代码跟踪模块 包含内存分配,各类信息和错误处理和显示,跟踪代码等功能函数,供其它模块调用;

文本处理模块 包含各种字符串分析处理功能函数,供其它模块调用;

此外,程序还使用 AD Link PCI 卡的功能函数库。m2hc 程序信息处理流程如下:

(1) 对命令行进行解析,获得用户正确输入,然后调用主处理模块;

(2) 通过网络协议,连接指定 Mark 5A,建立通信;

(3) 根据用户指定文件,获得需要回放的观测 scan 列表;然后进入循环过程,依次回放每个 scan 的数据;程序将分别启动两个进程:控制进程和接收进程:

(a) 在接收进程中,建立接收数据服务,等待 Mark 5A 回放数据。同时初始化 PCI-7300A 卡、准备传送数据;

(b) 在控制进程中,将控制 Mark 5A 执行数据发送命令,把指定 scan 数据回放;

(c) 在接收进程中,开始接收 Mark 5A 回放数据,并把接收的数据通过 PCI-7300A 卡发送给硬件相关处理机的 PBI 子系统;

(d) 在控制进程中,查询判断指定 scan 数据是否回放完毕;

(e) 数据发送和接收完毕,进入下一个循环。

(4) 所有 scan 数据回放完毕,关闭网络连接,退出程序。

3.2 命令语法

m2hc 命令语法设计为:

```
m2hc [ option1 ] [ option2 ]
```

方括号表示可选选项。在 m2hc 后面跟随选项,选项没有特定顺序。选项采用 Linux 命令行选项格式,有以连字符“-”开头的单个字符的短选项和以双连字符“--”开头的长选项,选项后面可能跟有参数。在实际操作中不需要输入方括号。

例如:

```
m2hc --mark5 178.1.1.11 --host 178.1.1.31 --scan A.txt
```

指定 Mark 5A 系统机器名或 IP 地址, PBD 主机机器名或 IP 地址, 以及需要处理的 scan 列表。scan 列表文件格式为:

1	s6602x_3c273b_no0001	0	2866172264
2	s6602x_3c279_no0002	2866172264	5732351736
3	s6602x_1622-253_no0003	5732351736	10518327896
4	s6602x_1741-038_no0004	10518327896	15304465344

第一列为 scan 编号, 第二列为 scan 名字; 第三、四列为起始结束字节数。

如果不直接用上述选项(例如 --mark5)来指定 Mark 5A 或 PBD 机器名, 程序将从配置文件. m5toolrc 文件读取该选项值或者使用缺省值(参见用户使用手册^[6])。

4 实现和结果

m2hc 是在类 Linux 系统下, 使用 C 语言开发而成, 目前规模约为 1700 行。按照 ANSI C 标准进行开发, 具有良好的移植性。使用错误处理和代码跟踪模块, 程序具有良好的错误定位能力和强大的 Debug 能力。命令界面简单但灵活, 方便用户使用。

m2hc 与从硬盘阵列文件回放数据方式相比有以下几个优势:

- m2hc 直接从 Mark 5A 系统回放数据, 不需要额外硬盘空间, 对于一次 VLBI 观测通常产生大量的数据(例如 4 个台站 1 天观测约产生几个 TB 数据)这显得特别重要;

- m2hc 通过千兆网接收数据, 把内存的数据发送给硬件相关处理机 PBI 子系统, 最大限度地提高了发送速度, 因此最终也提高了硬件相关处理机的速度。用读取硬盘文件作为数据回放方式, 我们处理四台站观测数据(每台站记录速率为 16 Mbps/s), 平均 1 min 内输出 3 min 处理结果, 即平均处理速度为 $48 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}/\text{station}$; 而使用 m2hc 直接回放 Mark 5A 数据, 也处理了四台站观测数据(每台站记录速率为 $128 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$), 从每个 Mark 5A 系统信息显示结果看, 传送数据速度峰值达到 $260 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$, 平均值约为 $220 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$, 从处理速度上, 基本上达到了硬件相关处理机设计要求。

- m2hc 可以根据 scan 列表文件, 大批量回放数据。

在上海天文台组织的测地 VLBI 试验(r7404)中, 硬件相关处理机使用 m2hc 来回放 Mark 5 数据, 并进行相关处理, 其结果提供给后处理软件使用, 效果良好。与从硬盘回放方式得到的结果相比, 其相关处理结果是一致的。目前 m2hc 已经成功运用在绕月探测工程 VLBI 测轨任务中的事后相关处理工作中。

5 总结和展望

m2hc 实现了硬件相关处理机自动回放 Mark 5 数据的功能, 满足了硬件相关处理机的需求。随着今明两年绕月探测工程一期的顺利运行, 中国 VLBI 必然会大量开展国内和国际 VLBI 观测, m2hc 的应用也会日渐广泛。同时随着绕月探测工程二期的实施, 以及各个台站的发展, 几年后必然会更新为 Mark 5B 系统, 该工具将随着硬件相关处理机的升级而发展, 以适应

更广泛更高目标的需要。

致谢 作者感谢张秀忠老师和陈中同事的帮助和获益匪浅的讨论。

参 考 文 献

- [1] 韦文仁, 薛祝和. 天文学进展, 2004. 22 (3): 269
- [2] Mark 5A System User's Manual. MIT Haystack Observatory, 2004
- [3] Mark 5B System User's Manual. MIT Haystack Observatory, 2006
- [4] Whitney A R, Ball J A. Mark 5A command set, Revision 2. 72, MIT Haystack Observatory, 2006
- [5] VLBA correlator. <http://www.vlba.nrao.edu/>, 2007
- [6] 王伟华. M2HC 软件使用手册(内部资料), 上海: 中国科学院上海天文台, 2007

AN IMPLEMENT OF PLAYBACK MARK 5A DATA FOR SHAO'S CORRELATOR

Wang Wei-hua

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

Abstract

m2hc is a subsystem of the correlator of Shanghai Astronomical Observatory. The package is used to play back VLBI raw data from Mark 5 to the correlator. It works well in VLBI observations of Chang'e lunar project. We will provide the design, implement of the package m2hc, and the application result of data processing.

Key words VLBI — Correlator — Mark 5