

中国 VLBI 网相关处理机研制进展

张秀忠 任芳斌 郑为民 朱从信 舒逢春 项 英

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

(中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘 要

经过数年的艰苦努力,中国 VLBI 网相关处理机继 2000 年元月取得天文观测数据的互相关条纹后, VLBI 技术实验室的研究人员又为提高相关处理机工作稳定性和处理结果质量进行了大量的软硬件调试工作,获得了较为稳定的相关处理机工作状态。于 2000 年 8 月获得射电源 DA193 在佘山-南山基线上的清晰互相关条纹。经验证,互相关条纹的相位变化值与台站时延补偿修改值相符。中国 VLBI 网相关处理机是一架两台站相关处理机。它由两台数据流量总计达每秒 648 兆位的高速大容量磁带回放系统和接口电路、高速 FFT 和交叉相乘模块以及长期累加和控制部件组成。每台站最大信号带宽为 128MHz。其高速 FFT 和交叉相乘模块每秒钟可同时连续进行 138 亿次以上的浮点乘法和 309 亿次以上的浮点加法运算。

关键词 VLBI 技术 — 相关处理机 — FFT

分类号 P111.33

1 相关处理机研制概况

经过数年的艰苦努力,中国 VLBI 网相关处理机继 2000 年元月取得天文观测数据的互相关条纹后, VLBI 技术实验室的研究人员又为提高相关处理机工作稳定性和处理结果的质量进行了大量的软硬件调试工作,获得了较为稳定的相关处理机工作状态。于 2000 年 8 月获得射电源 DA193 在佘山-南山基线上的清晰互相关条纹。经验证,互相关条纹的相位变化值与台站时延补偿修改值相符。

中国 VLBI 网相关处理机是一架两台站相关处理机。它由两台数据流量总计达每秒 648 兆位的高速大容量磁带回放系统和接口电路、高速 FFT 和交叉相乘模块以及长期累加和控制部件组成。目前每台站最大信号带宽为 128MHz。相关处理机的高速 FFT 和交叉相乘模块每秒钟可同时连续进行 138 亿次以上的浮点乘法和 309 亿次以上的浮点加法运算。

2 相关处理机原理与结构

进行甚长基线观测时, 射电源信号经台站接收、数字化后按规定格式送高速磁带机写入磁带。这些磁带经邮寄, 递送到相关处理机, 进行相关处理。找出信号到达两台站的时延差及时延变化率和相位。由:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \cdot x(t + \tau) d\tau \iff H(f) \cdot X^*(f)$$

可以直接计算相关函数, 也可以先对台站数据流进行 Fourier 变换, 然后交叉相乘, 得到相关函数的谱后再进行反 Fourier 变换而得到相关函数。先进行 Fourier 变换然后交叉相乘得相关函数的 FX 型相关处理机即属后一类。上海天文台研制成的两台站相关处理机为 FX 型相关处理机。它由两台高速磁带机和接口电路、FFT 和交叉相乘部件、长期累加和控制部件、高速控制总线 and 实时控制计算机以及 SUN 工作站组成。其硬件结构如图 1 所示。

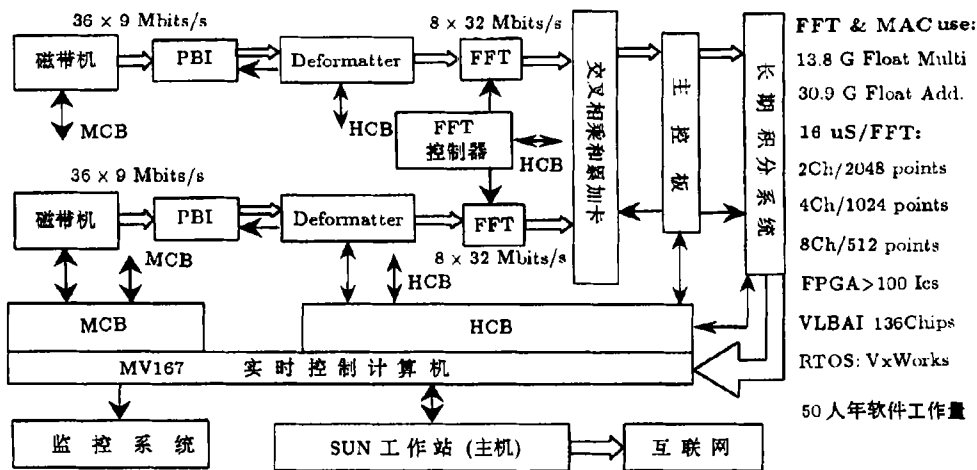


图 1 CVN 相关处理机结构框图

相关处理机的控制软件是基于实时操作系统 vxWorks 开发的, 工作中将同时承担 20 多个任务。在相关处理机运行中需完成系统初始化、工作任务的管理、根据 CALC 模型实时计算台站时延和相位校正值、控制高速回放的观测数据流的同步 (即两台磁带机回放数据流的高精度同步); 进行实时条纹旋转、分数尾数相位校正、将处理结果以 FITS 格式存盘、并对系统硬件和软件实现实时诊断、故障定位等工作。整个控制软件 (程序区) 占用 100MB 磁盘区域, NRAO 花费了 50 人年工作量完成了这一控制软件。我们在此基础上将其改编为两台站系统。

3 相关处理机初步结果

图 2 列出了中国 VLBI 网相关处理机使用天文观测数据所得的初步结果。

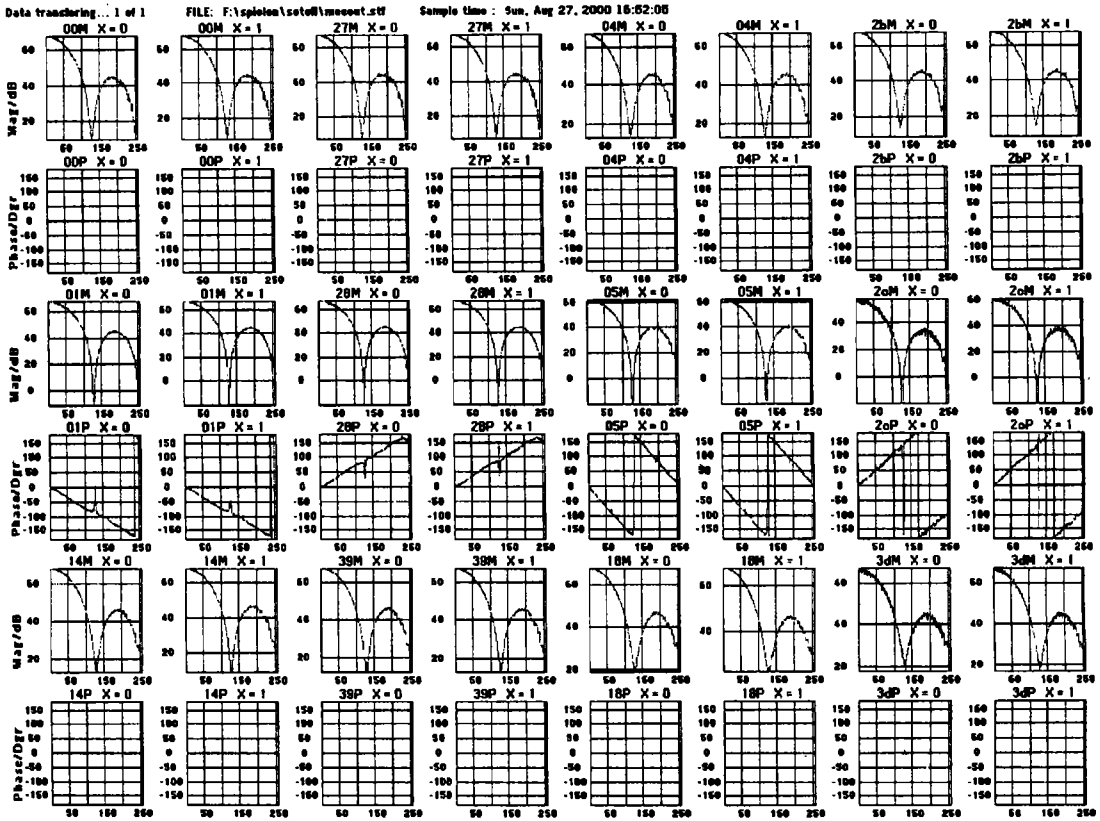


图 2 使用观测数据的相关处理结果

8 通道 / 台站; 上面为台站 1 的自相关谱, 下面为台站 2 的自相关谱; 中间为两台的互相关谱 (模和相位值); 输入为随机噪声, 采用 1 bit, 1:4 模式

我们也曾将国外已处理过的天文观测资料重新处理, 以验证中国 VLBI 网相关处理机的处理结果。与 Boon MK III 相关处理机输出结果比较, 一分钟积分处理结果, 单通道时延差小于 10ns。

4 相关处理机下一步工作和应用前景

中国 VLBI 网相关处理机研制成功, 将为“中国地壳运动观测网络”的 VLBI 观测资料的国内相关处理提供便利, 也将能进行天体物理和天体测量观测资料的相关处理, 同时还可以进行单基线、单天线观测资料的处理。然而, 两台站相关处理机在同一时间只能处理一条基线, 目前天体物理和天体测量观测都使用多台站联合观测, 使用两台站相关处理机处理这些资料时, 工作效率很低。为此, 中国 VLBI 网相关处理机有必要作进一步的扩展, 根据国内 VLBI 网的情况我们认为暂且先扩展为三或四台站相关处理机。中国 VLBI 网相关处理机应增加薄磁带处理功能和 S2 及 MK IV 资料处理能力。

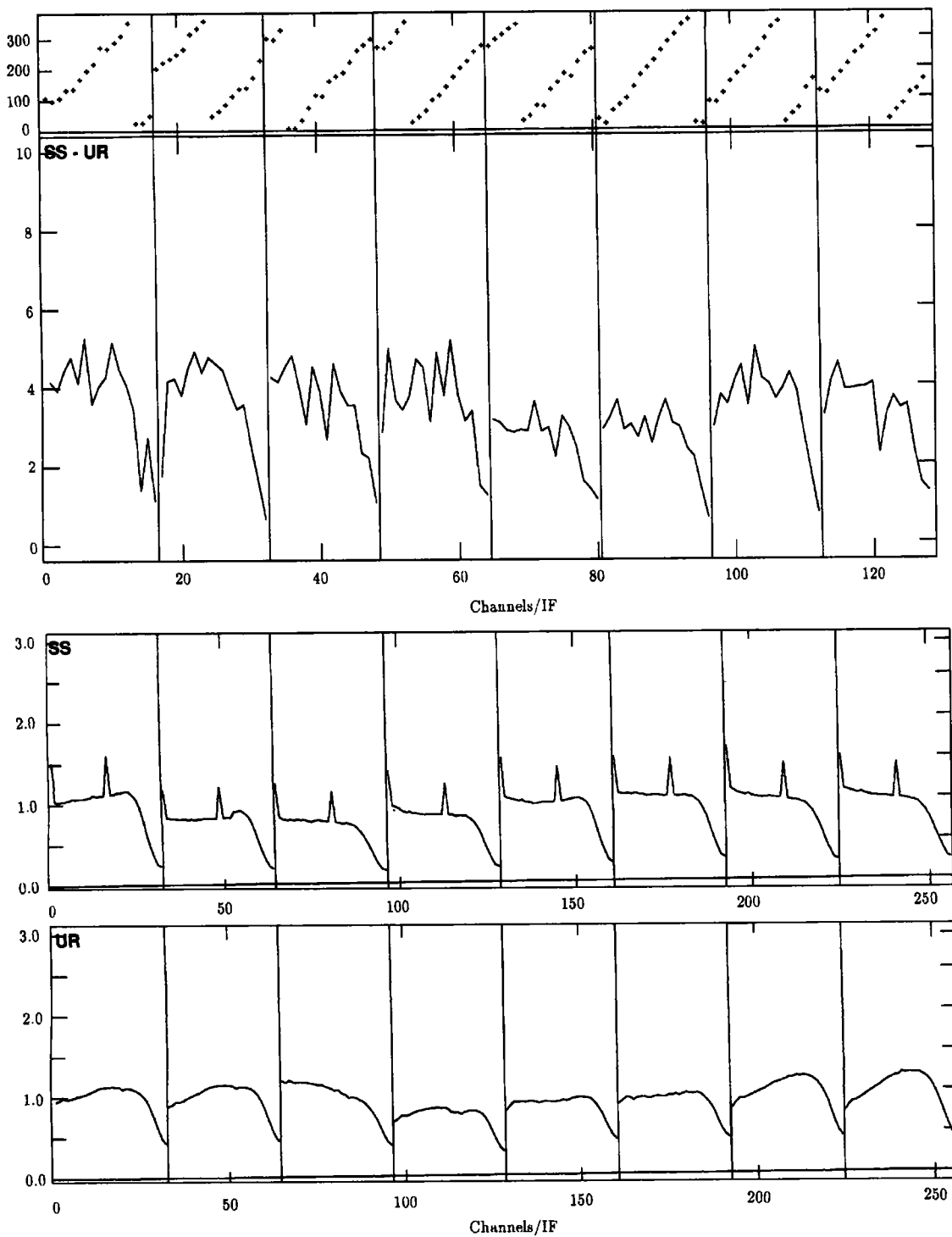


图 3 用观测数据磁带得到的互相关、自相关结果

致谢 在相关处理机的立项和研制过程中,我们得到了中国科学院天文委员会,中国科学院基础局天文处,国家大科学工程“中国地壳运动观测网络”等领导 and 国内同行的支持帮助,也得到了美国国立射电天文台(NRAO)在技术上的热情帮助,特别是美国国立射电天文台相关处理机专家 Ray Escoffier, Chuck Broadwell 和 Steve Blachman 先生,没有他们无私帮助,相关处理机的研制将会遇到更大的困难。借此机会,我们再次向曾经支持、帮助相关处理机研制的领导、同事和朋友表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 Napier P J, Bagri D S, Clark B G et al. Proc. IEEE, 1994, 82(5): 658
- 2 Ulvestad J, Goss M. Sky & Telescope, 1999, 98(4): 36
- 3 Iensus J A, Diamond P J, Napier P J. Very Long Baseline Interferometry and the VLBA, Brigham. California: BookCrafters, Inc., 1995: 17
- 4 Escoffier R. The FFT And Cross Multiplier Systems Of The VLBA Correlator, VLBA Correlator Memo 91, 1-8, 1987
- 5 Whitney A R. How Do VLBI Correlator Work?, IVS 2000 General Meeting Proceeding, 2000, 187

The New Progress of Chinese VLBI Network Correlator

Zhang Xiuzhong Ren Fangbin Zheng Weimin Zhu Congxin Shu Fengchun Xiang Ying

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

(National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

Abstract

This paper presents the principle and the structure of the 2-station "FX" VLBI correlator of the Chinese VLBI network. The correlator takes only 16 μ s to do 2048-point FFTs of two channels and other mathematic operations, which equates more than 13.8G float multiplications and 30.9G additions every second. It supports six different FFT sizes (64 to 2048 points) with the maximum data rate up to 648Mbit/s. Some results of the correlator are presented in this paper.

Key words VLBI—Correlator—FFT