

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2017.02.06

基于 ROACH2 的脉冲星终端研制进展

裴 鑫^{1,2}, 李 健^{1,2}, 袁建平^{1,2}, 温志刚^{1,2}, 陈卯蒸^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆天文台, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院 射电天文重点实验室, 南京 210008)

摘要: 脉冲星观测研究一直是新疆天文台的主要研究方向, 未来建设的新疆 110 m 口径全动射电望远镜 (简称 QTT) 也将其作为主要研究方向之一。南山 25 m 射电望远镜当前使用的脉冲星单脉冲观测终端 AFB 已使用近 20 年, 系统老化严重, 为升级现有单脉冲观测系统, 也为 QTT 的终端设计做预研, 基于 ROACH2 研制了一套脉冲星观测系统。该系统采用氢钟与 GPS 时间同步以提供秒起始信号, 对采样时钟计数并打入数据帧以获取精准时间间隔, 两者合成即可获得精确时间信息; 采用共享内存缓冲区, 使数据在多进程间共享实现并行实时处理。该系统可用于脉冲星单脉冲或到达时间观测, 也可用于脉冲星、RRAT 或 FRB 等搜寻。已在南山进行单脉冲、长时间折叠、FRB 实时搜寻等观测试验, 试验数据表明该终端准确、稳定、可靠, 已达到投入观测使用的要求。

关键词: 观测终端; ROACH2; 脉冲星观测; FRB

中图分类号: P111.44 **文献标识码:** A

1 引 言

新疆天文台南山 25 m 射电望远镜是我国较早开展脉冲星观测研究的天文台站之一, 经过十几年的发展, 已经成为我国脉冲星观测的重要基地。目前, 新疆台拥有脉冲星单脉冲和到达时间两套观测系统, 已经在脉冲星到达时间监测、星际闪烁等方面取得一系列成果^[1-4]。

南山 25 m 射电望远镜当前使用的脉冲星单脉冲观测终端, 为 1999 年从英国曼彻斯特大学引进的模拟多通道滤波器组消色散系统 (Analogue Filter Bank, 简称 AFB), 该系统具有 2 个偏振, 128 个子通道 (带宽为 2.5 MHz), 采样精度为 1 bit, 最小时间分辨率为 100 μ s。自投入观测应用以来该系统取得了许多成果^[5, 6], 但随着观测需求的提高和观测系统的老化, 该终端已难以满足未来的观测需求。

收稿日期: 2016-08-07; 修回日期: 2016-12-15

资助项目: 973 计划 (2015CB857100); 中国科学院天文台站设备更新及重大仪器设备运行专项; 国家自然科学基金 (11403091, 11253001, U1431230)

通讯作者: 李健, lijian@xao.ac.cn

脉冲星到达时间观测终端是 2009 年从澳大利亚 ATNF 引进的脉冲星数字式滤波器组 (Pulsar Digital Filter Bank, 简称 DFB), 该系统具有折叠、搜寻、频谱仪和基带输出等四种观测模式, 采用了 2 组 DSP 板卡, 每组带有 10 块 FPGA, 可以完成数据采集、RFI 抑制、多相滤波、消色散和折叠等处理。最高观测带宽可达 1 GHz, 2 048 个频率通道、2 048 个相位点下的最小脉冲星折叠周期为 4 ms。该终端在到达时间观测和分子谱线研究等方面取得了许多成果^[7, 8], 虽然该终端性能较佳, 但未开发单脉冲观测模式。

110 m 口径全可动射电望远镜拟建于新疆奇台, 也称奇台射电望远镜 (QiTai radio Telescope, 简称 QTT)^[9]。QTT 的整体定位是将其建设成为具有多科学目标的通用型射电望远镜, 脉冲星观测研究是其主要科学目标之一, 而终端又是射电望远镜系统信号链路的最后环节, 其性能好坏直接影响到 QTT 投入到实际观测后整体性能的好坏。因此, 脉冲星终端的开发和设计是 QTT 早期技术预研究的重要内容之一。基于此, 一台具备单脉冲观测功能的新终端的研发迫在眉睫。

目前, 国际上许多应用较成功的脉冲星终端都采用了美国伯克利大学天文信号处理与电子研究组织 (Collaboration for Astronomy Signal Processing and Electronics Research, 简称 CASPER) 的软硬件开发平台进行设计。例如美国绿堤射电望远镜 (Green Bank Telescope, 简称 GBT) 配备的脉冲星观测终端 GUPPI (Green Bank Ultimate Pulsar Processing Instrument)^[10], 采用了 CASPER 最早的硬件平台 IBOB (Interconnect Break-out Board)^[11] 和 BEE2 (Berkeley Emulation Engine II)^[12] 进行设计, 由两块 IBOB 直连两块 iADC 卡进行采样 (最高 1 600 Ms/s、8 bit), 由 5 块 Xilinx Virtex2 FPGA 构成的 BEE2 进行多相滤波和 FFT, 数据通过 10 Gb 网络传输至 GPU 集群进行消色散和折叠处理。

用于美国 GBT KFAA (K band Focal Plane Array) 7 波束接收机谱线和脉冲星观测的 VEGAS (VErsatile GBT Astronomical Spectrometer)^[13] 采用了 8 块新一代 CASPER 硬件平台 ROACH (Reconfigurable Open Architecture Computing Hardware) 进行设计, 该系统可对 7 波束双极化 1.25 GHz 带宽的数据进行实时相干消色散处理, 如对中频信号做频率分配, 可完成双通道 10 GHz 带宽信号的实时处理。

用于中国科学院上海天文台天马 65 m 射电望远镜脉冲星和谱线观测的 DiBAS (Digital Backend System)^[14] 采用了第二代 ROACH 进行研发。脉冲星观测具备相干消色散和非相干消色散功能, 对每种功能都有搜寻、在线折叠和校准的观测模式, 最大支持 8 192 个通道。整个设备包括数据采集、数据处理、存储和观测控制四部分, 配备了 3 套 ROACH2 和 9 台 HPC (High Performance Computer, 简称 HPC) 进行数据采集和高速信号处理, 采用 10 Gb 光纤网络进行数据采集传输、40 Gb Infiniband 网络进行数据存储交换, 80 TB lustre 磁盘存储阵列进行数据保存。

CASPER 的软硬件平台开发和应用都比较成熟, 为了缩短研发周期, 提高系统的可靠性, 本文基于该平台进行了设计。

2 总体介绍

本文基于 ROACH2 所研制的系统, 采用非相干消色散方法, 由 FPGA 进行傅里叶变换和 Stokes 参数计算, 可用于单脉冲观测或时间精度要求一般的脉冲星到达时间观测, 也可用于脉冲星、RRAT 或 FRB 等搜寻观测。该系统最小时间分辨率可达几微秒, 可对毫秒级周期的脉冲星和爆发持续时间极短的 FRB 进行搜寻观测。为降低数据记录速率、节约数据存储空间, 可采用 CPU 或 GPU 进行实时搜寻计算并只记录有效数据。

系统设计架构如图 1 所示, 主要包括基于 FPGA 的数据采集与预处理前端和基于 CPU+GPU 的数据处理与存储后端。基于 FPGA 的数据采集与预处理前端通过直连的 ADC 对接收机输出的双通道左右旋极化信号进行高速采样, 并将信号变换到频域, 然后对双通道信号进行 Stokes 参数计算, 继而将数据进行格式化并发送至万兆以太网。采样时钟由高性能频率综合器提供, 这里使用的是 CASPER 提供的 Valon 5008, 由氢钟提供外部 10 M 信号进行锁定, 同时, 氢钟还提供 $1 \times 10^{-12}/s$ 信号连接至 ADC 进行时间同步。

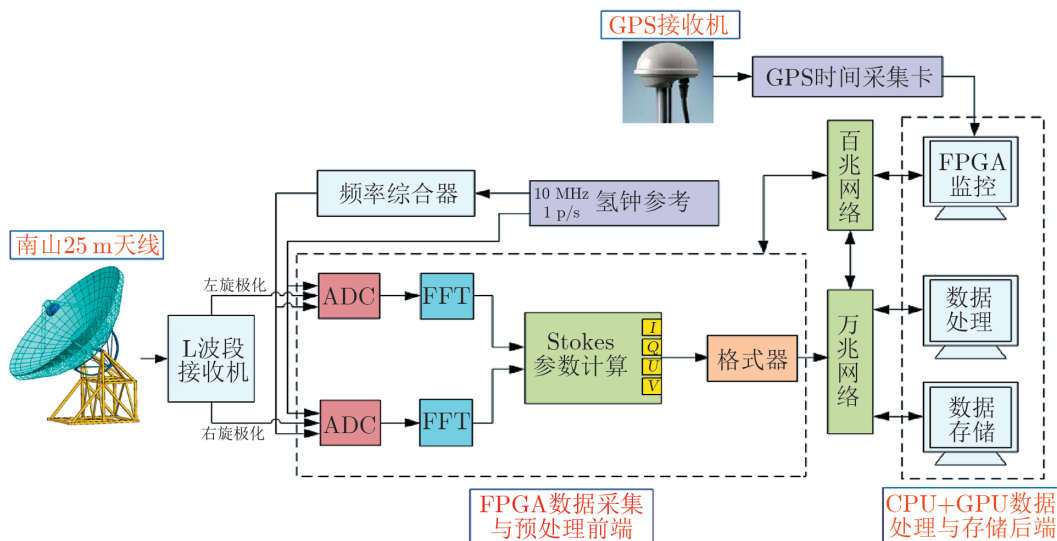


图 1 脉冲星终端系统架构

FPGA 输出的高速数据通过万兆以太网络传输到 CPU+GPU 数据处理与存储后端, 从计算机万兆网卡获取数据包后直接进行记录, 可保存为脉冲星常用的 Filterbank 格式。精准的时间信息由 GPS 接收机提供的整数秒会同标记在网络数据包中的时间戳相加获得。数据处理可通过离线的方式, 采用脉冲星处理软件根据记录在文件头信息的源名、位置、时间、频率、通道数、位数等信息, 并结合课题观测需求对数据进行消色散和周期折叠等处理, 将处理结果进行实时显示和存储到数据存储计算机。FPGA 监控计算机通过百兆网络对 FPGA 进行程序加载、参数配置和状态查询。当前可配置的采样带宽、通道数、积分时间等参数如表 1 所示。

表 1 当前可配置参数表

采样带宽 /MHz	中频数	通道数	通道分辨率 /MHz	积分时间 / μs	网络速率 /Mb·s ⁻¹
500	2	512	0.977	16	1 028
500	2	512	0.977	64	257
500	2	512	0.977	256	64.25
500	2	1 024	0.488	16	2 056
500	2	1 024	0.488	64	514
500	2	1 024	0.488	256	128.5
500	2	2 048	0.244	16	4 112
500	2	2 048	0.244	64	1 028
500	2	2 048	0.244	256	257

脉冲星、RRAT 或 FRB 等搜寻观测时, 通过在计算机中开辟若干共享内存缓冲区来实现不同进程间的数据共享和实时处理。处理过程如下: 程序运行后首先在内存中开辟若干共享内存缓冲区, 并对内存设置不同状态进行标识; 数据由 ROACH2 传输至计算机万兆网络端口后, 由网络抓包程序将数据包写入标记为“空”的内存块中; 写满后更改该内存块的状态为“待处理”, 同时运行的实时搜寻进程对标记为“待处理”的内存块进行计算, 如发现候选体便将该内存块标识为“待保存”, 并由同时运行在另一进程的数据存储程序进行磁盘写入; 写入完成后将该块状态标识为“空”, 如未发现有用信息便将内存块标识为“空”。

通过多个进程共享内存缓冲区的数据, 本文基于 ROACH2 的系统可实现信号的实时处理。由于有些搜寻观测的时间分辨率要求高达数微秒, 例如: 16 μs 分辨率、单波束、双极化、2 048 通道、8 bit 精度记录下的数据速率达到了 4 Gb/s, 如不对数据进行实时处理, 需采用磁盘阵列进行快速写入和保存, 投入成本将倍增。该模式下的实时搜寻程序运行在 CPU 处理核心上, 通过算法和搜寻策略优化提高计算效率, 从而达到了实时处理的效果。当前观测带宽为 500 MHz, 频率通道数为 512, 时间分辨率为 64 μs , 谱分辨率为 0.977 MHz, DM 搜寻范围为 0~2 000 $\text{cm}^{-3}\cdot\text{pc}$, 搜寻脉宽可从 1 ms 至数秒。该部分工作与北大科维理天体物理中心合作完成, 详细介绍将在后续文章中给出。

3 系统详细介绍

3.1 基于 FPGA 的数据采集与预处理前端

ROACH2^[15] 是 CASPER 研发的新一代天文信号处理平台, 采用 Xilinx Virtex 6 FPGA 处理核心, 配备 2 块 4 × 10 Gb/s 网卡, 可选 3 GS/s-8 bit、5 GS/s-8 bit、10 GS/s-4 bit 等多款 ADC 卡以满足不同采样带宽需求。自 2010 年开发使用以来, 已在 VEGAS^[13]、DiBAS^[14]、全息法相关机^[16] 等多个天文终端上进行使用, 性能非常出色。因此, 本文也基于 ROACH2 平台进行设计。

FPGA 程序原理框图如图 2 所示。首先对 A、B 两通道信号进行采样，然后根据信号处理的要求进行数字混频和数字滤波。由于不同接收机的中频带宽和范围不同，为适应不同波段接收机的观测，需将中频信号搬移至基带。通常的做法是采用模拟电路进行混频和滤波，采用数字技术可省去该部分模拟电路的设计，同时也降低了系统的复杂度、节约了成本。继而对信号进行多相滤波划分通道，采用多相滤波器可降低邻通道干扰。然后进行快速傅里叶变换 (FFT) 和实时相关运算，双线偏振下的 Stokes 参数可根据式 (1) 进行计算：

$$I = A_{\text{amp}} + B_{\text{amp}}, \quad Q = A_{\text{amp}} - B_{\text{amp}}, \quad U = 2[(AB)_{\text{re}}], \quad V = 2[(AB)_{\text{im}}]. \quad (1)$$

式中 A_{amp} 为中频 A 的自相关幅度， B_{amp} 为中频 B 的自相关幅度， $(AB)_{\text{re}}$ 为中频 A 和 B 的互相关实部， $(AB)_{\text{im}}$ 为中频 A 和 B 的互相关虚部。

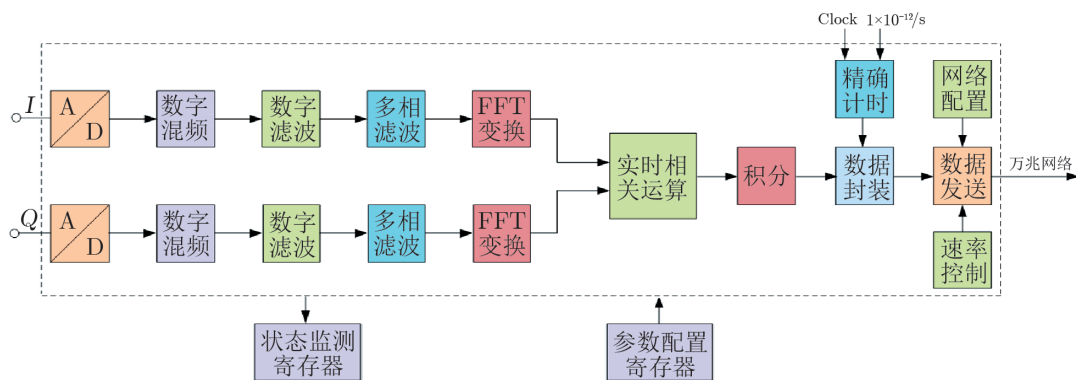


图 2 FPGA 程序原理框图

积分时间可根据观测需求进行设置，可在 ROACH2 控制程序中配置积分长度寄存器的参数。由于当前使用的寄存器为 32 bit，因此，500 M 带宽、512 通道下的理论积分时长范围为 $1.024 \mu\text{s} \sim 4\ 398 \text{ s}$ ，但实际使用时一般设为 16, 64, 256, 512 μs 等。之后对两路信号按照一定的格式进行数据封装，精确计时由计数器对采样时钟的脉冲计数获得，同步信号由氢钟的 $1 \times 10^{-12}/\text{s}$ 提供。最后，由 10 Gb 网络模块将数据发送到以太网，供后端的设备读取。采用软件寄存器对设备的参数和状态进行配置和监测，在设备运行时通过控制计算机来监测设备的运行状态，并可根据要求对参数进行重设，不同模式、不同配置间的切换比较灵活。

3.2 精确时间获取技术

时间精度是脉冲星终端的关键性能指标，对于到达时间观测来说，通常需要对脉冲星进行持续数十年甚至更长时间的监测，单天线的到达时间残差一般可达几百纳秒至几十微秒，这与射电望远镜的性能和时间基准密切相关，对于同一架射电望远镜来说，如果时间不准确就无法进行长年累月的观测，或者说记录的数据就没有意义。时间精度包含精确的时刻信息和精准的时间间隔两层含义，对该时钟脉冲进行计数即可获得精准的时间间隔信息。例如 1000 MHz 的采样时钟，由于 FPGA 设计时将采样时钟进行 4 分频作为工作时钟，故其时间分辨率可达 $1/(1000/4 \times 10^6) = 4 \text{ ns}$ 。精确的时刻信息由 GPS 整数秒与 ADC 采样时刻脉冲

个数计算获得, 通过在计算机上安装 GPS 时间采集卡以获得 GPS 时间, 在 FPGA 设计中采用计数器对时钟脉冲个数进行计数, 并将该数作为时间戳打入数据帧。如图 3 所示, 计数器的位数为 32 bit, 最大计数周期为 17.18 s, 而 $1 \times 10^{-12}/s$ 信号每秒对该计数器进行复位 (计数器永远不会溢出)。因此, 对脉冲个数进行计数即可获得秒以内精确的时间。计算机接收收到数据包之后提取时间戳信息并会同 GPS 整数秒写入到文件进行保存, $1 \times 10^{-12}/s$ 信号由 GPS 和氢钟同步产生, 并通过 A/D 转换器接入, 这种方法保证了极高的时间精度。

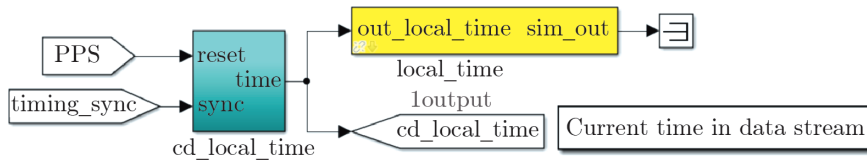


图 3 精确时间戳获取

3.3 数据格式

由 FPGA 输出的网络包数据格式如图 4 所示, 由 4 字节的网络校验头和 4 字节的时间戳以及数据部分组成, 512 通道下的数据部分为 2 048 字节, 因此每帧大小为 2 056 字节。由于采用了 UDP 协议, 开启巨帧模式下的最大帧为 8 000+512 字节, 可满足 2 048 频谱通道数据的传输, 如需增加频谱通道可采用多个 10 Gb 网络端口传输, 最大支持 8 个 10 Gb 网络端口。数据帧由计算机接收并进行一定的格式转换, 然后以 FilterBank 的格式进行存储。如图 5 所示, 首先是观测数据的头信息 (例如 359 字节), 然后是 t_0 时刻的采样数据, 包括 N 个频率通道相关计算的结果 (例如采用 512 通道), 然后以 Stokes 参数 (I 、 Q 、 U 、 V) 的形式输出 (具体见式 (1)), 采样数据按照积分时间 τ (例如 64 μs) 的间隔依次排列。

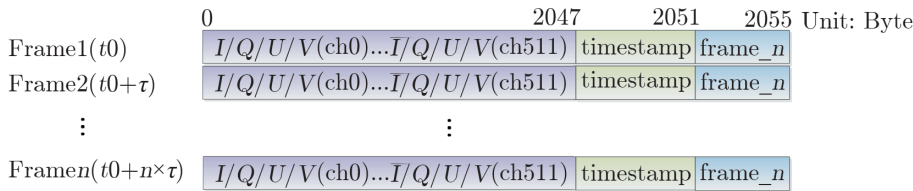


图 4 ROACH2 输出数据格式

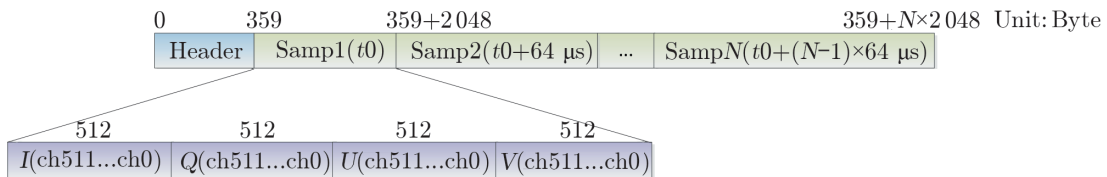


图 5 Filterbank 数据记录格式

3.4 网络监测

ROACH2 与计算机通过 10 Gb 网络进行连接, 为提高传输速率, 采用了无连接的传输层协议 UDP。该协议不提供数据包分组、组装, 不能对数据包进行排序, 也就是说, 当报

文发送之后,是无法得知其是否安全完整到达的。脉冲星观测对数据完整性要求极高,任何时间序列的丢失都将导致脉冲星数据的处理结果不准确,为此,我们在帧头中增加了 4 字节的校验信息,如图 4 所示。当计算机接收到数据帧后即提取该信息并进行判断,该校验信息为连续的数字序列,通过检验数字的连续性来判断是否丢包,通过大量的实验,将丢包的种类概括为三种:阻塞、空包和丢失。阻塞是一种持续过载的网络状态,可能是其他线程占用了网络线程的 CPU 或内存等资源而导致。当检测到帧序列号颠倒的现象,即先发的帧后到,后发的帧先到,则标记为阻塞;当检测到帧序列号为零时,标记为空包;当检测到帧序列号不连续或中断现象时,标记为丢包。一般阻塞时伴有空包现象,如检测到大量丢包现象(如超过 $10 E-4$ 以上)可将该记录文件标识为无效(本系统丢包要求较一般终端的要求稍高),此时,需检查系统有无故障;如仅发现偶有丢包现象,对丢失的帧进行补偿即可,可填补数据的 RMS 值以保持连续性。

通过大量的实验,发现对计算机的万兆网卡进行相应的配置非常重要,需对一些参数进行优化。另外,在抓包时,开启一定的缓冲区可有效降低丢包的概率。经过优化,1 Gb/s 速率下,连续测试 24 h 的网络丢包率为 0。

由于 ROACH2 带有 8 个 10 Gb 的网络端口,理论上来说系统的最高传输速率在 80 Gb/s 左右。本设计仅使用了其中 1 个 10 Gb 网络端口,理论最大速率应该在 10 Gb/s 左右。在设计之初已经过测试,在 8 Gb/s 左右的速率下,系统都比较稳定。但当前所使用的磁盘的写入速度远远达不到如此高的速度,厂家给出的磁盘最大写入速率能达到 6 Gb/s,而实际使用中的稳定速率一般在 2 Gb/s 以内。如果长时间工作在如此高的速率下,势必会影响磁盘的使用寿命,因此,目前整个系统保证长时间稳定工作的速率在 2 Gb/s 以内。

4 观测试验

在南山 25 m 射电望远镜 L 波段进行了试观测,选取的源如表 2 所示。

表 2 试观测的脉冲星源表

Source name	<i>RA</i>	<i>DEC</i>	Period /s	<i>DM</i> /cm ⁻³ ·pc	<i>S</i> 1400 /mJy	<i>W</i> 50 /ms
B0329+54	03:32:59.368	+54:34:43.57	0.714 519 699 72	26.833	203	6.6
B2020+28	20:22:37.067	+28:54:23.104	0.343 402 157 78	24.632	38	12
B2154+40	21:57:01.849	+40:17:45.98	1.525 265 633 96	70.857	17	38.6
B2319+60	23:21:55.213	+60:24:30.71	2.256 488 426 82	94.591	12	131.1

首先,对 B0329+54 进行了观测,该源是北天最强的脉冲星,可对新系统初次测试时进行功能验证。采用脉冲星数据处理软件 sigproc-v4.3^[18] 进行了处理,获取的单个脉冲 waterfall 图如图 6 所示,可以清晰地看到脉冲星在不同频率下的色散效应。同样采用 sigproc 软件通过对 DM 搜寻的方法找到的单脉冲信号如图 7 所示,单个脉冲的信噪比达到 51.59,搜寻到的 DM 值也接近给定值。

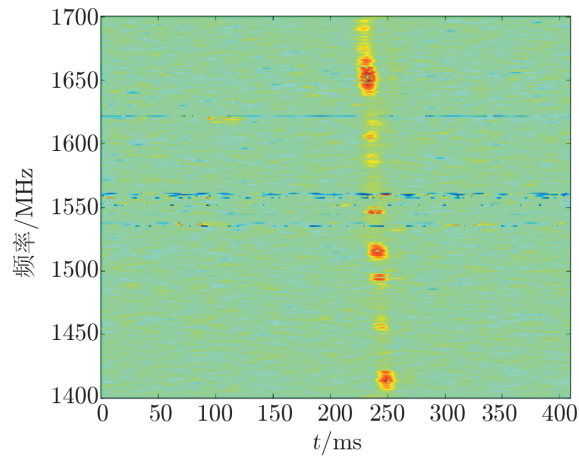


图 6 B0329+54 waterfall 结果

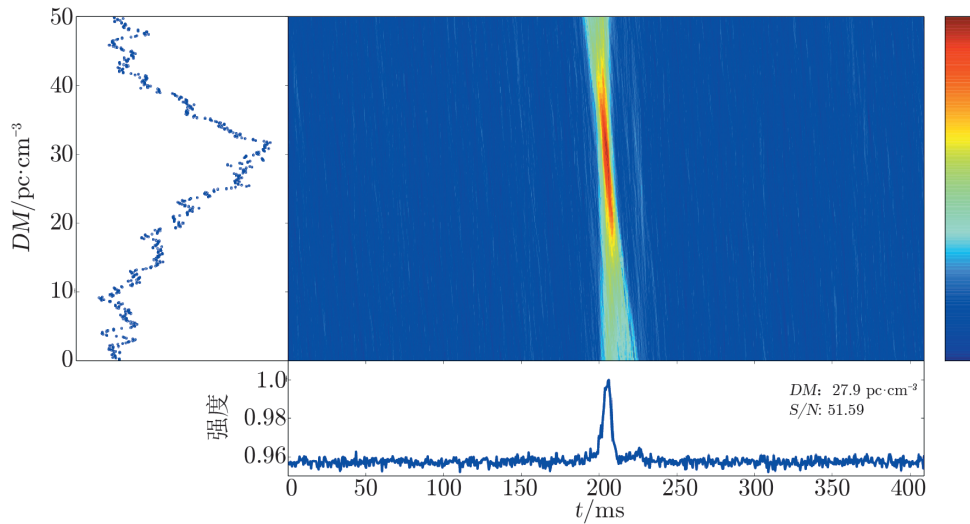


图 7 B0329+54 DM 搜寻结果图

对另外 3 颗源进行了观测, 单次观测时长为 8.3 min, 时间分辨率为 512 μs 。在脉冲星处理软件 Presto^[17] 中进行了处理, 对脉冲星信号进行搜寻的结果如图 8、9、10 所示, 图中左上角为连续 2 个最好的脉冲轮廓, 右上角 $P(\text{Noise})$ 为信噪比, 依次为 44.6σ , 22.9σ , 31.6σ 。

5 总结与展望

目前已完成基于 ROACH2 脉冲星终端的非相干模式开发, 试观测结果表明该终端已具备开展单脉冲观测研究的条件, 例如可进行强脉冲辐射、nulling、子脉冲漂移、磁星、伽玛射线脉冲星、费米源等观测, 也可开展脉冲星、RRAT、FRB 等搜寻观测。对网络的测试结

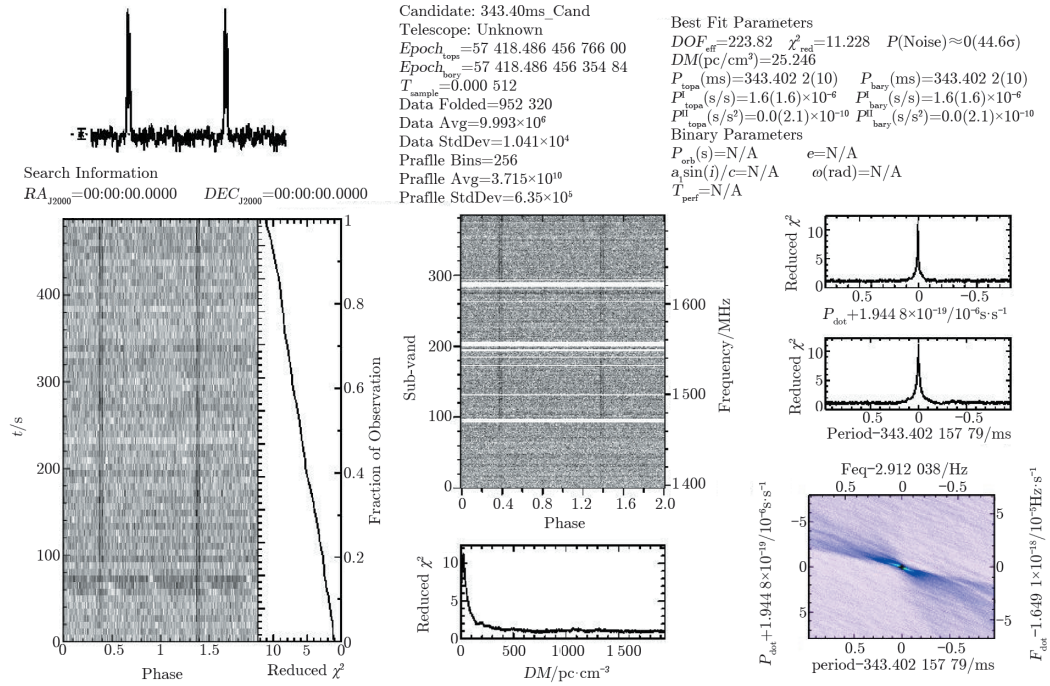


图 8 B2020+28 观测结果

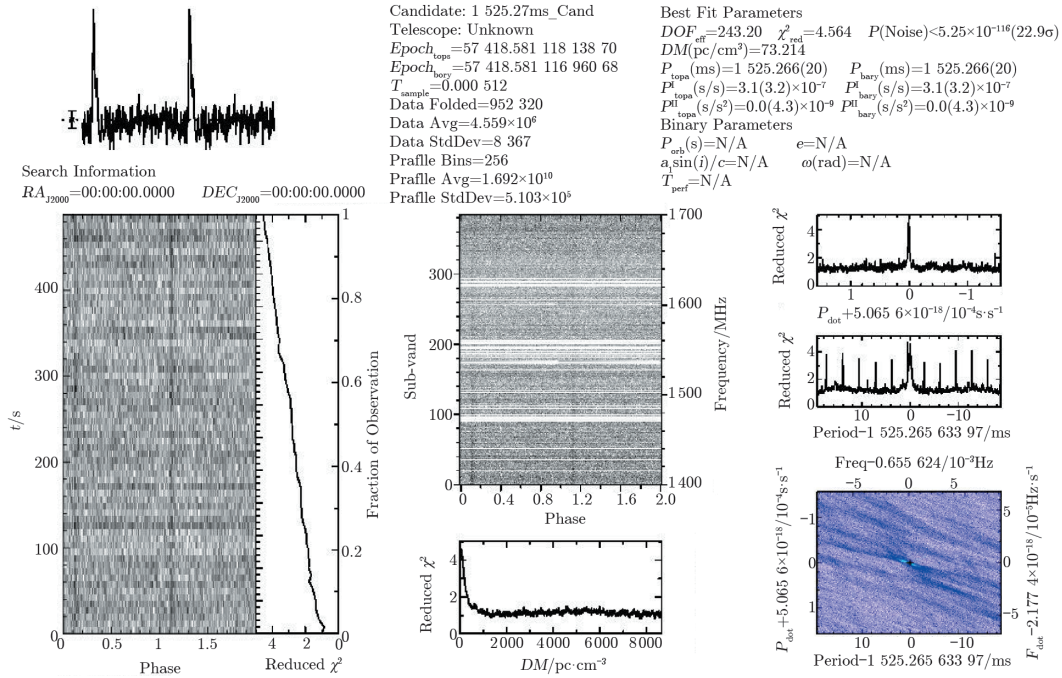


图 9 B2154+40 观测结果

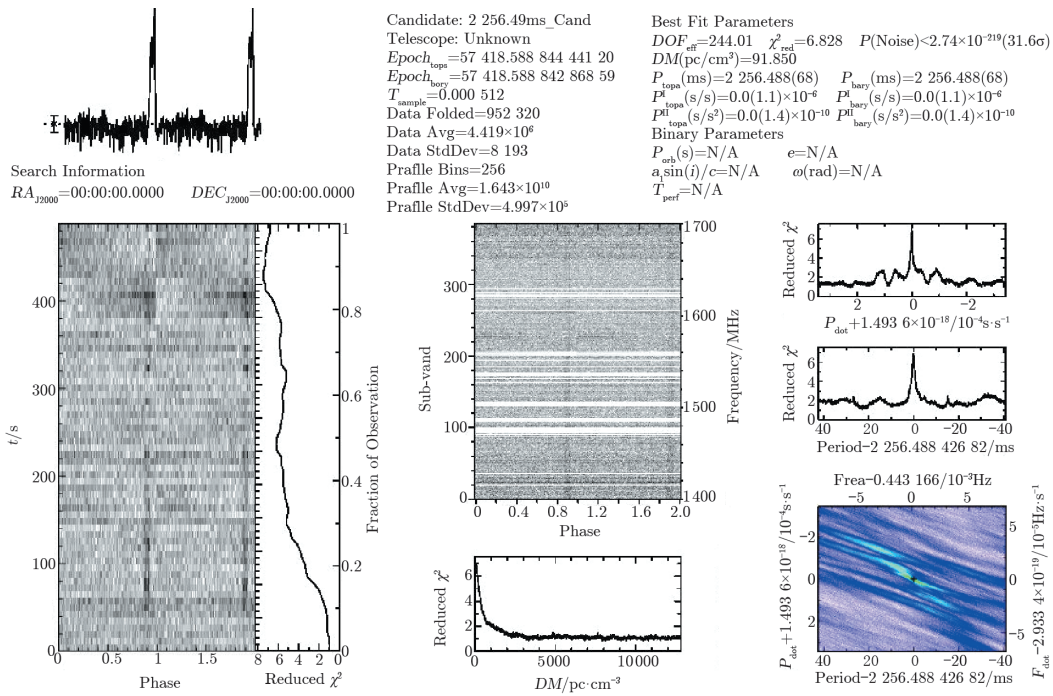


图 10 B2319+60 观测结果

果表明, 长时间积分下数据完整性很好, 可进行毫秒脉冲星长时间积分观测。到达时间的观测效果需要长时间的脉冲星监测来获得, 目前还无法给出详细的评估。

未来将扩展基带数据观测模式, 该模式下 FPGA 仅对采样数据进行时间标识和格式化, 然后便将数据通过万兆以太网传输至 HPC 集群; 再由 CPU 和 GPU 协同处理进行相干消色散或大规模傅里叶变换, 以满足时间精度要求较高的脉冲星到达时间观测或精细谱线观测。后续的设计将采用 nVidia Tesla K40 GPU 加速卡, 大规模 FFT 和相干消色散都将基于 GPU 完成计算, 相关硬件正在采购中, 预计可实现 5.12×10^5 通道的 FFT 和 20 Hz 的通道分辨率。

参考文献:

- [1] Wang N, Manchester R N, Zhang J, et al. MNRAS, 2001, 328: 855
- [2] Yuan J P, Manchester R N, Wang N, et al. ApJL, 2010, 719: 111
- [3] Wang J B, Wang N, Tong H, et al. APSS, 2012, 340: 307
- [4] Zou W Z, Hobbs G, Wang N, et al. MNRAS, 2005, 362: 1189
- [5] Niu H B, Esamdin A, Wang N. APSS, 2013, 347: 327
- [6] Tao G C, Esamdin A, Hu H D, et al. RAA, 2012, 12: 1649
- [7] Xi H W, Zhou J J, Jarken A, et al. MNRAS, 2015, 453: 4203
- [8] Yuan J P, Wang N, Liu Z Y, et al. IAUS, 2013, 291: 574
- [9] 王娜. 中国科学. 2014, 44(8): 783

- [10] Scott M R, Paul D, John F, et al. BAAS, 2009, 214, 605.08
- [11] <https://casper.berkeley.edu/wiki/IBOB>, 2016
- [12] <http://bee2.eecs.berkeley.edu>, 2016
- [13] Richard M P, Marty B, Joe B. USNC-URSI, 19-24 July 2015, 294
- [14] John M F, Richard M P and Marty B. Proc. SPIE 9152, July 18, 2014
- [15] <https://casper.berkeley.edu/wiki/ROACH2>, 2016
- [16] 裴鑫, 李健, 陈卯蒸, 等. 天文研究与技术. 2015, 12(1): 54
- [17] Scott M R. PhD.Thesis. Cambridge: Harvard University, 2001: 74
- [18] <http://sigproc.sourceforge.net>, 2016

The Progress of Pulsar Backend Development Based on ROACH2

PEI Xin^{1,2}, LI Jian^{1,2}, YUAN Jian-ping^{1,2}, WEN Zhi-gang^{1,2}, CHEN Mao-zheng^{1,2}

(1. Xinjiang Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Key Laboratory of Radio Astronomy, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Pulsar observation and research is the most important research area in Xinjiang Astronomical Observatory, and that will be the main scientific activity of the Xinjiang 110 meter fully moveable telescope (QTT for short). The pulsar single pulse observation backend used in Nanshan 25 m telescope — AFB has been worked for almost 20 years. Meanwhile, it's system performance declines with time. Thus, we decided to develop a new pulsar backend based on ROACH2 board not only for upgrading of current single pulse observation system but also be a pre-research for QTT backends system. Some advanced techniques have been used in this system to get a very high time precision and to accelerate the processing efficiency. We use synchronization of hydrogen clock and GPS time to make an accurate integer time in seconds. Specifically, we count the impulse of sampling clock and pack it to the data frame to get a precision decimal seconds first, and then synthesize both to obtain accurate time information. Finally using shared memory for data sharing between different process to get a real time parallel processing. This backend can be used for single pulse or lower precision timing observation, and also used for searching of pulsar, RRAT or FRB. This system has been already tested on Nanshan 25 m telescope using L band receiver, which includes single pulse, pulsar long time integration and FRB searching observation. Testing results showed that this system works well and has good precision, stability and reliability, which can be implemented for pulsar normal observation in Nanshan 25 m telescope, and also can be used for other telescopes.

Key words: observation backends; ROACH2; pulsar observation; Fast Radio Burst