

羊八井 ARGO 实验数据获取系统*

何会海¹⁾ 张勇

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

摘要 羊八井 ARGO 实验采用全覆盖式 RPC 阵列探测小空气簇射事例,其数据获取系统基于多级高速缓存和高速事例驱动机制,硬件实现数据获取和事例组建,从而避免了软件对数据采集速度的影响和 CPU 的开销,满足了 21.7kHz 的触发率和 6.4M 字节/s 的数据率的实验要求。

关键词 数据采集 事例驱动 事例组建

1 简介

中意合作羊八井 ARGO (YangBaJing Astrophysics Research at Ground-based Observatory) 实验^[1] (东经 90°31'50", 北纬 30°6'38", 海拔高度 4300 米) 采用 RPC (Resistive Plate Chamber)^[2] 地毯式全覆盖阵列 (见图 1) 来探测小空气簇射事例, 主要用于研究 γ 射线天文和 γ 暴, 覆盖能段 100GeV—500TeV。

整个阵列分为中心区和监护环, 中心区由 10 × 13 个探测器群 (CLUSTER) 组成; 监护环由 24 个

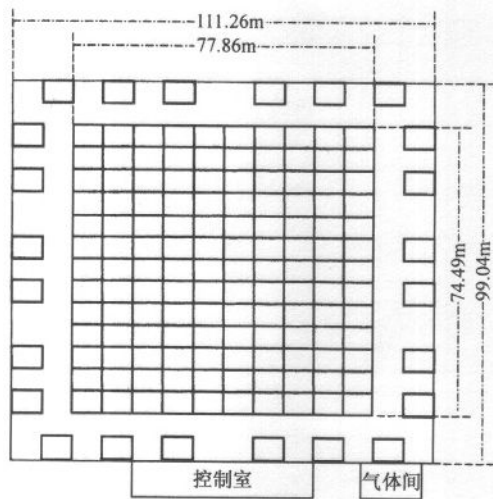


图 1 羊八井 ARGO 地毯探测器 (其中每个方框代表一个 CLUSTER)

CLUSTER 组成, 主要用于芯内和芯外事例的判别. 每个 CLUSTER 由 12 个 CHAMBER 组成, 而每个 CHAMBER 又包含 10 个基本探测器单元 (PAD), 每个 PAD 上有 8 个单向读出条 (提供 PAD 上的粒子数密度), 故整个阵列由 154 个 CLUSTER 共 18480 个 PAD 组成。

2 DAQ 系统结构

实验中需要记录的是原初宇宙线的到达时间和到达观测面的簇射次级粒子的到达时间和位置. 原初宇宙线的到达时间具有随机性, 而事例的大小取决于原初宇宙线的能量, 表 1 为实验事例率和数据率的 Monte Carlo 估计^[3], 其中事例多重数为一个事例中阵列着火 PAD 的数目, 对应不同的原初宇宙线能段, 即涵盖不同的物理目标. 羊八井 ARGO 实验的总事例率为 21.7kHz, 数据率为 6.4M 字节/s, 在这样的事例率和数据率下数据采集系统所需带宽为 8 M 字/s (最坏的情况下). 为此, 我们采用高速事例

表 1 羊八井 ARGO 实验触发率和数据率的

| Monte Carlo 估计 | | | |
|----------------|-----------|-------------|---------------|
| 事例多重数 | 触发率 (kHz) | 数据率 (M 字/s) | PAD 触发率 (kHz) |
| 低 (< 30) | 17.2 | 3.5 | 362 |
| 中 ([25, 70]) | 7.9 | 2.7 | 283 |
| 高 (> 60) | 1.3 | 1.1 | 119 |
| 合计 | 21.7 | 6.4 | 670 |

2003 - 04 - 25 收稿

* 国家自然科学基金 (10120130794), 中国科技部、中国科学院、高能物理研究所粒子天体物理重点实验室及意大利 INFN 基金资助

1) E-mail: hhh@ihep.ac.cn

驱动机制,利用硬件分级自动实现数据收集、事例组建及数据缓存,整个过程不需要软件和 CPU 的干预,以实现高事例率和数据率所要求的数据采集速度和所需的总线带宽。

羊八井 ARGO 数据获取系统由前端电子学、地方站、中心站和控制室组成(见图 2)。前端电子学以 PAD 为基本探测单元,提供其上 8 个读出条的或信号(作为该 PAD 的着火信号)和读出条的着火情况(strip pattern)。每个地方站负责收集一个 CLUSTER 的数据,其中包含 4 个 32 路的快速 TDC(记录所辖 120 个 PAD 上着火 PAD 的时间信息)和一块通讯板,后者负责将地方站的数据送到中心站的 AMB (ARGO Memory Board)^[4],每个 AMB 为 16 个地方站提供数据收集、数据完整性检查、局部事例组建和缓存。DAQ 系统共有 39 个 AMB,分布于 4 个 VME 机箱中。每个 VME 机箱都有一个 ROCK(Read-Out Controller)^[5]通过高速附加总线(AUXbus)收集其“从 AMB”(即其控制的本地机箱中的 10 个 AMB 中的任一个)的数据并进行局部事例组建,每个 ROCK 可以伺服 10 个 AMB。ROCKM (ROCK Manager)通过 Cbus (Chain Bus)收集并组建所有 ROCK 的数据,并缓存完整事例数据,等待 CPU 读取。这样,整个数据采集系统便由一条 ROCKM-ROCK-AMB-TDC 的数据采集链组成。ROCK 和 ROCKM 分别作为 AUXbus 和 Cbus 的主控,ROCK 和 AMB 之间以及 ROCKM 和 ROCK 之间的数据传输均不需要 VME 总线的支持。在一条这样的数据采集链中,ROCKM 作为总控制器,最多可以伺服 8 个 ROCK,故而本系统可由单一链完

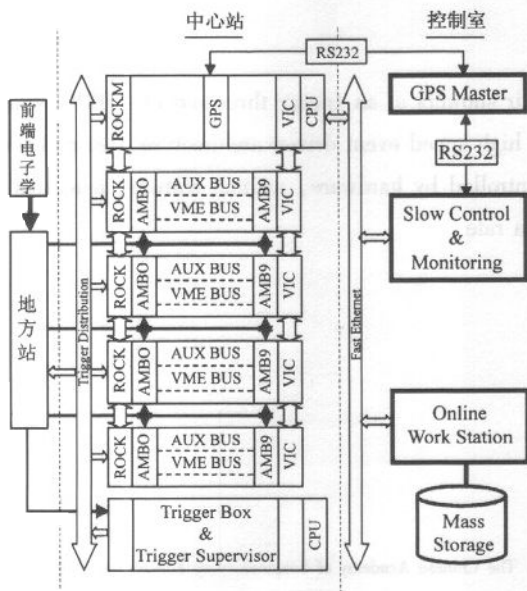


图 2 羊八井 ARGO 数据获取系统框图

成。

各子系统带宽及 FIFO(First In First Out)见表 2,系统总带宽为 10M 字/s,满足实验要求。

表 2 羊八井 ARGO 实验各 DAQ 子系统带宽及 FIFO

| | 带宽(M 字/s) | | FIFO |
|-------|-----------|----|--------------|
| | 一般 | 最大 | |
| AMB | ~0.2 | | 4X8k(18bits) |
| ROCK | 2 | | 16k(Words) |
| ROCKM | 8 | 10 | 32k(Words) |
| CBUS | 8 | 10 | |
| CPU | 8 | 10 | |

中心站数据通讯通过 AUXbus 和 Cbus 完全依靠硬件自动实现,不需要 VME 总线的支持,不需要软件和 CPU 的干预,从而降低了对 CPU 速度和 VME 总线带宽的要求,因而系统可以通过 VIC (Vertical Inter-Connection)实现 VME 总线扩展,利用单 CPU 完成对所有 VME 机箱的控制,这种单链结构使得系统数据流控制变得简单,同时 CPU 可以通过 VME 总线实时控制和监测 AMB, ROCK 及 ROCKM,数据采集和实时监测通过各自独立的总线实现,互不干扰。

在线系统读取 ROCKM 中的数据,通过高速以太网(Ethernet)将数据发送到在线工作站,后者完成数据存储及在线处理。

3 事例驱动

整个数据采集系统采用事例驱动机制,系统触发由触发盒(Trigger Box)产生,并将其送到触发监控器(Trigger Supervisor),后者根据当时的运行状态判断该触发的有效性,并将有效的触发广播到 ROCKM, ROCK 及所有地方站。

地方站中的每个 TDC 响应触发,生成一个事例号,并将其附加到时间信息后,同时读出条位置逻辑也产生一个事例号,并将其附加到数据帧中。地方站作为主控控制地方站到中心站 AMB 的数据传输。AMB 检验数据的完整性,同时依据事例号进行局部数据组建,将组建后的局部数据放入其数据队列中。

ROCK 响应一个触发信号,产生一个事例号并将其压入事例堆栈中,等待处理。ROCK 处理其事例堆栈中的事例时首先从事例堆栈中弹出一事例号,并将其广播给所有“从 AMB”,后者获取该事例号,检查其内部数据队列,给出有无对应数据信号,ROCK 读取这些信号,确认包含该事例号数据的 AMB,完成稀疏数据扫描过程(时序见图 3);ROCK 随

后进入数据读出过程(时序见图 4), 依从 DS/DK 总线握手机制, 从包含该事例数据的 AMB 中读取数据.

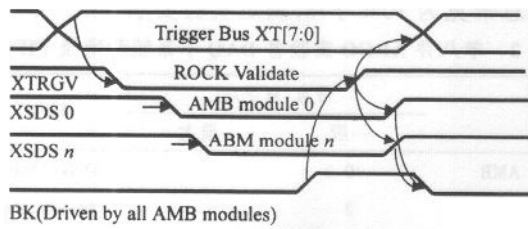


图 3 ROCK 稀疏数据扫描时序图

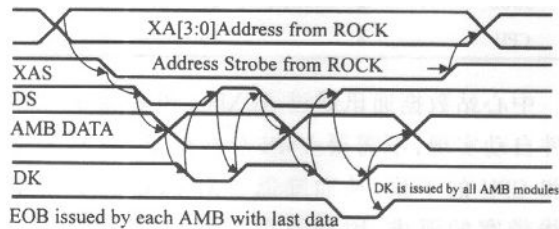


图 4 ROCK 数据读出时序图

ROCKM 响应一个触发, 生成一个事例号, 发出令牌, 和获得令牌的 ROCK 进行数据通讯, 并将得到的数据存放于其缓冲区中. ROCKM 中存放的数据将是事例号为标志的一个个完整事例的数据帧.

在事例驱动机制下, 事例触发和各分级采集系统的工作各自独立, 配合分级缓存, 降低了对整个数据采集系统响应时间的要求, 缩短了系统的死时间, 同时为数据完整性提供了可靠的保证.

4 结论

羊八井 ARGO 实验数据现已进入 RPC 安装、调试及试运行阶段, 其数据获取系统基于硬件实现数据收集和事例组建, 采用高速事例驱动机制, 满足了实验事例率和数据率的要求, 同时避免了复杂的数据流控制, 为在线系统提供了便利.

参考文献 (References)

- 1 Abbrescia M et al. Astroparticle Physics with ARGONIA Proposal, 1996
- 2 Santonico R et al. Nucl. Inst. & Meth., 1981, **A187**: 377
- 3 Mancarella G et al. ARGONIA note 005/00, 2000
- 4 Aloisio A et al. Proc. of the 27th ICRC, Hamburg, 2001, 2887
- 5 Aloisio A et al. IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1996, 43(1): 167

Data Acquisition System of the YBJ-ARGO Experiment

HE Hui-Hai¹⁾ ZHANG Yong

(Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039, China)

Abstract YBJ-ARGO experiment is designed to detect small size air showers at an energy threshold of $\sim 100\text{GeV}$ using a full coverage RPC array. Its data acquisition system is based on a high speed event driven architecture with multi-level high speed buffers. Both Data acquisition and event building are controlled by hardware, without software penalties and CPU overheads, thus meeting the request of high event rate and data rate.

Key words DAQ, event-driven, event building

Received 25 April 2003

* Supported by NSFC(10120130794), Chinese Ministry of Science and Technology, The Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Astro-Particle Physics, and INFN, Italy

1) E-mail: hhh@ihep.ac.cn