

基于 EPICS 的数据采集系统

程卫星 陈永忠 周伟民 叶恺容 刘德康

(中国科学院上海原子核研究所, 上海同步辐射中心 上海 201800)

摘要 本文介绍了在加速器控制系统和束流测量系统中广泛应用的 EPICS 开发平台, 并在 Redhat 6.2 操作系统上建立了一个基于 EPICS 的数据采集系统, 利用该系统实现了束流位置探头的快速标定。

关键词 EPICS, BPM Mapping, 数据采集

中图分类号 TL544

1 EPICS 介绍

EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) 是用来开发基于网络的分布式控制系统的一组软件工具^[1]。它是由多个实验室合作开发的, 现在世界各地已有超过 100 个项目采用 EPICS 来架构各自的控制系统, 这些项目包括粒子加速器、天文台、工业控制等。国内的 BEPC、NSRL 等大型加速器以及拟建的上海同步辐射装置 SSRF 也都部分或全部地采用 EPICS 来架构整个控制系统并成功运行。

EPICS 的基本组成部分:

OPI (操作员接口) 采用 UNIX 工作站, 运行各种 EPICS 工具;

IOC (输入输出控制器) VME/VXI 系统, 包括机箱, 处理器和各种 I/O 模块;

LAN (局域网) 为 IOCs 和 OPIs 提供通信。EPICS 在 TCP/IP 协议上开发了一个组件 CA (Channel Access), 它提供 CA Client 和任意数目的 CA Server 之间的透明通信。

EPICS 的软件结构如图 1 示。

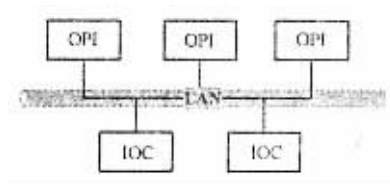


图 1 EPICS 软件结构示意图

Fig. 1 EPICS software architecture

IOC 数据库是 EPICS 软件的核心, 也是控制系统的核心。EPICS 的各种应用都是围绕 IOC 数据库展开的。IOC 中的软件结构如图 2 示。IOC 通过 Channel Access 与 OPI 层相连接。IOC 过程控制是面向对象的, 每个数据通道对应一个记录 (Record), 这样一个个的记录就构成了模块化的 IOC 动态数据库。记录的值可以通过上层 OPI 客户端软件读写。同样, 记录的值也可以向下实现对硬件的输入输出。

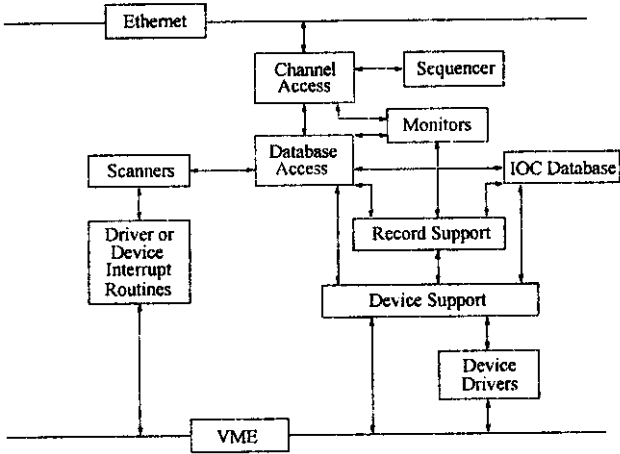


图 2 IOC 软件结构图
Fig. 2 IOC software architecture

对 EPICS 的应用开发来说,最困难而且是最复杂的工作之一就是开发不同的输入输出模块的 Device Support 和 Device Driver,以使 I/O 设备与 IOC 数据库连接。

EPICS 的特点:

- (1) 基于工具的系统 减少了用户代码 统一的操作接口。
- (2) 分布式系统 支持任意数目的 IOCs 和 OPIs。IOC,OPI 间通过 TCP/IP 和 UDP 协议通信 系统规模可大可下,伸缩性大 软件结构为 Client/Server 结构,提供任意两点间读写访问。
- (3) 事件驱动 资源的有效使用 快速时间响应。
- (4) 高性能 SPARC 工作站屏幕刷新率约几千次每秒 38040 IOC 处理记录多于 6000/s。

2 数据采集系统的组成

拟建的上海同步辐射装置(SSRF)控制系统是基于 EPICS 的。作为第三代同步辐射光源,SSRF 的束流测量及在考虑中的束流轨道反馈系统等都要求有很高的性能,并与整个控制系统融合。我们建立了一个基于 EPICS 的数据采集系统,以熟悉整个 EPICS 的开发环境,为束流测量和轨道控制方面工作的进一步开展打好基础。

在该数据采集系统中,我们采用 PC 机作为操作员接口(OPI),在该 PC 机上预装了 Redhat 6.2 操作系统并在 Redhat 6.2 操作系统上建立了 EPICS 开发环境。已有的 OPI 工具包括 MEDM(图形显示和监控管理工具)和 Channel Archiver(存档工具)等。IOC 采用 MVME2302 PPC 处理器板和 Acromag AVME9325 A/D 转换模块实现该系统的快速采样。各模块的性能指标如下所示。

- OPI PC :Intel Pentium II 400MHz CPU,Redhat 6.2,EPICS Base R3.13.3,MEDM 2.3.5a,Channel Archiver 7.1 ;
- IOC MVME2302^[2] 200MHz MPC603,32MB ECC DRAM,5MB Flash ;
- AVME9325^[3] 12-bit 高速 A/D 板,5μs 转换时间,16 路差分/32 路单端输入 ;
- LAN 10M Ethernet。

图 3 是系统的硬件架构示意图。

AVME9325 A/D 板有多种工作模式。譬如,对模拟输入通道的 AD 转换的触发方式就可以有软件触发、定时触发和外部事件触发等等。通过编写 IOC 上的 Device Support 和 Device Driver,设置用户希望的工作模式,实现了对该模块的控制。通过 IOC Database,可以设定对 I/O 模块某个通道的扫描,Device Support 和 Device Driver 就去读相应的模拟输入通道,并通过 CA 将读到的值送到 OPI 层。由 OPI 工具实现对 I/O 通道的监控。图 4 为 MEDM 上显示的一个通道信号,即一路 A/D 的值。此时,AVME9325 工作在外部触发模式,当接受到一个外部触发信号时,AVME9325 A/D 板就去读对应的模拟通道,图 4 中一段水平线就是因为不送外部触发信号而产生的。

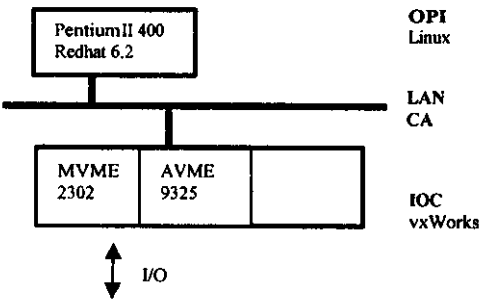


图 3 数据采集系统硬件架构示意图
Fig.3 Hardware of data acquisition system

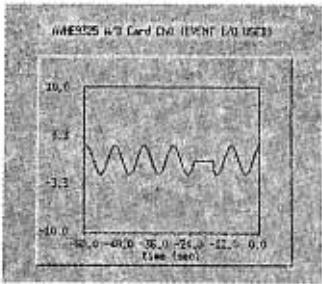


图 4 MEDM 显示的一个通道信号
Fig.4 One data channel displayed in MEDM

3 与 BPM Mapping 系统的集成

BPM(Beam Position Monitor)是加速器中测量束流位置和其他信息的一种最主要的探头,一个大型的加速器装置上一般有几十至几百个的 BPM 探测器。束流通过 BPM 所在的管道时,就会在 BPM 的四个感应电极上产生感应电荷,由各个电极上感应电荷量的不同,可以算出束流所在的位置。为了能精确测量束流位置,在 BPM 安装到管道之前,需要对 BPM 探头进行标定,以确定每个 BPM 的电中心。

BPM 标定系统采用拉丝或天线结构,在拉丝或天线上通高频信号以模拟束流。通过移动平台使拉丝在 BPM 探头的各个位置移动,在不同的位置上 BPM 感应出不同的电压。于是得出束流所在位置与 BPM 感应出的电压的关系图。

移动平台的控制是通过 PC/Windows 98,采用图形化的编程软件 Labview 读写串口控制 PLC 来实现的。平台每移动完一步就给 AVME9325 A/D 板发一个触发信号(9325 工作在外部触发模式),AVME9325 A/D 板就去读该移动结束时对应位置的 X、Y、A、B、C、D 等等信号。这些模拟值经过 ADC 由 CA 通过网络送到 OPI,由 EPICS 的 OPI 工具实现图形的显示和存档等。并可以进行进一步的处理。整个系统的原理框图(基于 EPICS 的 BPM Mapping 系统)见图 5。系统标定时间主要受 PLC 控制的平台移动时间影响,考虑机械上的拉丝移动后的稳定问题,每隔 1s 发一个外部触发信号。AVME9325 一次 ADC 时间为 5 μ s,可以满足实际束流轨道位置信号的采集。

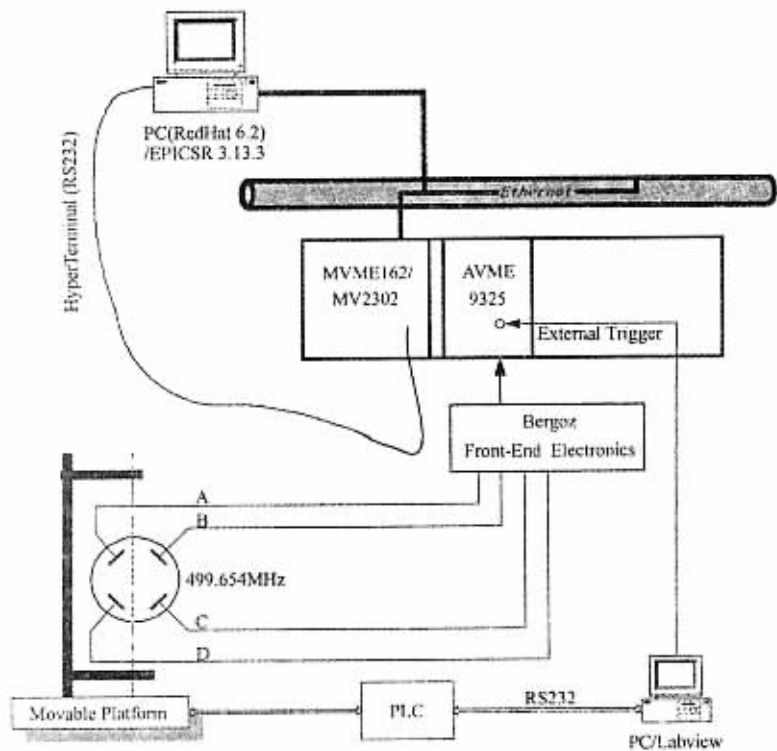


图 5 基于 EPICS 的 BPM Mapping 系统

Fig. 5 Integrated with the BPM mapping system

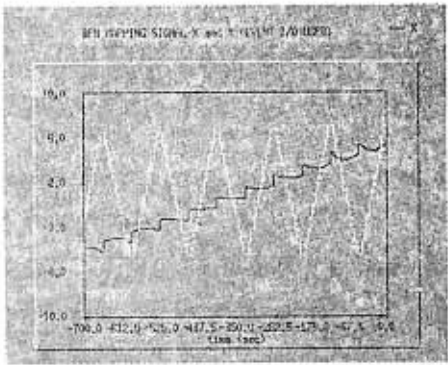


图 6 MEDM 显示 BPM Mapping 图

Fig. 6 BPM mapping result displayed in MEDM

图 6 是一个完整的 BPM Mapping 平台移动过程中 X, Y 方向的电压值。横坐标为时间,单位为“秒”,平台每分钟移动一步。纵坐标为平台移动过程中输出的 X, Y 电压值,单位为“伏特”。平台移动范围为 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$,每步移动 1mm ,每秒移动一步。由平台移动过程中 X, Y 的电压变化情况,可以看到当平台沿 Y 方向移动时, X 的电压基本是不变的,特别是在 BPM 探测器的中心位置附近。这与理论计算是完全吻合的。对于该数据采集系统的数据存档,可以采用 EPICS 的 OPI 工具 ChannelArchiver。比如

对于 BPM Mapping 过程的数据,就可以通过该 OPI 工具实现对所需要的数据通道进行记录,由记录到的通道值,可以进行进一步的分析处理。

4 小结

基于 EPICS 的数据采集系统已经成功运行,通过与 BPM Mapping 系统的集成,为进一步在束流测量及反馈控制系统中采用 EPICS 开发工具积累了经验。该系统可以实现对高速采集数据的显示和存档,提高了 BPM Mapping 的速度。

致谢 感谢 SSRF 束流测量组和控制组各位老师的指导。APS 实验室的 EPICS mail list (<http://www.aps.anl.gov/epics/>) 也使我得到了很多帮助。

参 考 文 献

- 1 Martin R K. EPICS Input/Output Controller (IOC) Application Developer's Guide. Argonne National Laboratory, Advanced Photon Source. June 1998 Chapter 1.
- 2 MV2300 – Series VME Processor Module Programmer's Guide Motorola Inc. 1999
- 3 AVME9325 USERS MANUAL. Acromag Incorporated 1994

EPICS based DAQ system

CHENG Weixing CHEN Yongzhong ZHOU Weimin YE Kairong LIU Dekang
(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract

EPICS is the most popular developing platform to build control system and beam diagnostic system in modern physics experiment facilities. An EPICS based data acquisition system was built in Redhat 6.2 operation system. The system is successfully used in the beam position monitor mapping, it improves the mapping process a lot.

Key words EPICS, BPM Mapping, DAQ

CLC TL544