

# 实验物理和工业控制系统 在 Linux 平台上的实现

许世富, 赵籍九

(中国科学院 高能物理研究所, 北京 100039)

**摘要:**介绍了在 Linux 平台上实验物理和工业控制系统 (EPICS) 的系统结构及系统实现, 这一实现为北京正负电子对撞机控制系统的改进提供了一种可供选择的操作系统平台, 也为 EPICS 在其它领域的应用提供了一种新的思路。

**关键词:**数据采集与监控; 实验物理和工业控制系统; Linux

**中图分类号:** TL503.6; TP316.89      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-6931(2003)04-0358-03

## Implementation of Experimental Physics and Industrial Control System on Linux Platform

XU Shi-fu, ZHAO Ji-jiu

(Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences,  
P. O. Box 918-10, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The paper describes the system structure and implementation of experimental physics and industrial control system (EPICS) on Linux platform. The implementation provides an alternative operating system for the upgrade of Beijing electron positron collider control system. It also provides a new thought for using the EPICS in control systems of other fields.

**Key words:** supervisory control and data acquisition; experimental physics and industrial control system; Linux

目前,工业和加速器控制系统已普遍采用数据采集与监控组态软件产品来开发。它既可减少工作量、缩短开发周期,开发出的产品又是开放性的标准化系统,延长了软件的生存周期,提高了软件的可维护性<sup>[1]</sup>。

为适应大型加速器控制系统的需要,美国洛斯阿拉莫斯国家实验室和阿贡国家实验室联

合开发了控制系统开发软件包 EPICS,它是一种非商业的数据采集与监控产品,目前已被 50 余家高能物理实验设施和相关控制系统采用。在对商业数据采集与监控产品和 EPICS 进行调研和评估后,北京正负电子对撞机控制系统的改进项目准备采用 EPICS 软件包。

收稿日期:2002-03-25;修回日期:2002-12-12

作者简介:许世富(1966—),男,湖北仙桃人,工程师,博士,核技术与应用专业

### 1 控制系统组态软件包 EPICS

EPICS 由 3 部分组成,即运行在客户端的操作员接口模块(OPI)、运行在服务器上的输入输出控制模块(IOC)和通道访问模块(CA)。它们以客户-服务器模式工作在网络环境中,客户端一般运行在 Unix 操作系统平台上,服务器一般运行在 VxWorks 操作系统平台上。EPICS/IOC 安装在作为服务器一端的前端计算机上。IOC 的核心是一常驻内存的分布式数据库系统,存放往来于设备的实时数据。IOC 提供该分布式数据库系统管理与访问工具,并提供上百种 VME、PLC、GPIB、现场总线设备的 I/O 驱动程序。每个数据库记录对应于一个 I/O 通道,使用 EPICS 支持的 I/O 设备,用户无需编程,可将所需数据直接输入数据库中。EPICS/CA 是网络通讯管理软件,它支持 TCP/IP 协议,分别安装在客户计算机和作为服务器的前端机上,使用 CA 工具用户可从操作员控制台上以透明通讯方式直接读取驻留在 IOC 数据库中的实时数据。驻留在客户端的 EPICS/OPI 提供了 IOC 数据库的生成工具和人机图形界面的开发工具及设备监控手段。

### 2 Linux 平台下 EPICS 系统体系结构

本工作的样机系统在一台作为服务器的 PC 机上安装了 Linux 操作系统,取代了 VxWorks 操作系统,安装了 EPICS 3.14,在 EPICS 环境下开发了设备驱动程序,成功地实现了基于 Linux 平台的 EPICS 系统。

#### 2.1 硬件结构

样机系统硬件结构示于图 1。客户端 OPI 采用 SUN 工作站或 PC 机运行 Unix、Linux 或 Windows NT/98,前端计算机采用 PC 机运行 Linux Redhat 7.1。为了测试其功能,在前端计算机上安装有 PCI 及 ISA 数据采集卡。PCI 卡采用北京方圆公司生产的 PCI8020 综合卡,带有 A/D、D/A、DI/DO、timer 等。ISA 卡采用 PC6310 A/D 卡。

#### 2.2 软件体系结构

Linux 平台下 EPICS 软件体系结构示于图 2。客户端 OPI 运行应用程序,诸如图形人机界面开发软件包 DM2K、故障报警管理软件 ALH、状态描述语言 SNL、历史数据存档管理

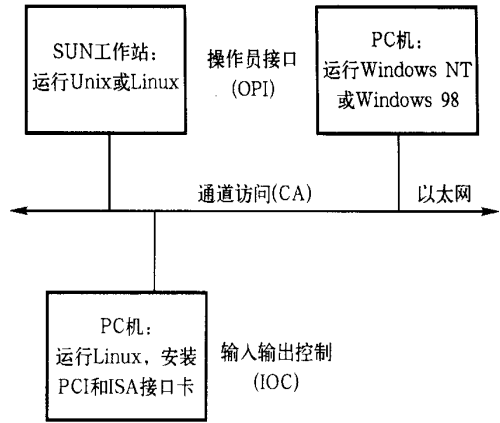


图 1 样机系统硬件结构

Fig. 1 Hardware architecture of sample system

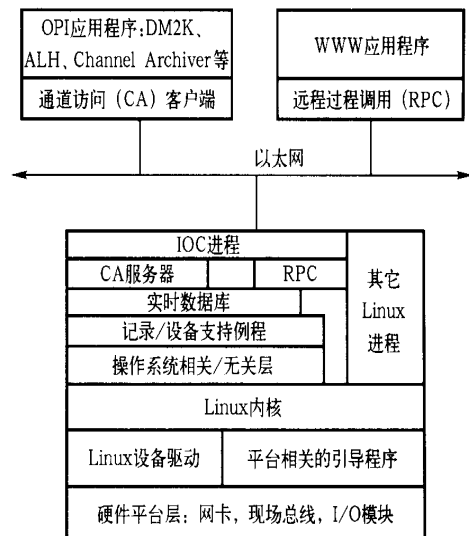


图 2 Linux 平台下 EPICS 软件体系结构

Fig. 2 EPICS software architecture on Linux platform

软件 Channel Archiver 及远程过程调用 (RPC) 应用程序等。这些应用程序由 CA-Client 通过网络与 IOC 上的 CA-Server 通讯,前端计算机上的 IOC 作为 Linux 的一个进程在运行,它的核心是反映前端数据通道的实时数据库,实时数据库的记录由记录支持例程来刷新,而该例程又调用底层的直接处理前端数据的设备支持例程和设备驱动支持例程。在 Linux 操作系统下,设备驱动支持例程位于操作系统的核心态,可作为一个内核模块来编程。IOC 的最底层是操作系统无关 (OSI) 层和操作系统相关 (OSD) 层,它是在最新的 EPICS base 3.14 版本中才出现的,目的是使 EPICS 适应于不同的操作系

统平台,由它们与 Linux 内核相联系。

### 3 系统实现

#### 3.1 EPICS IOC 的实现

欲在样机系统中建立 EPICS 环境,首先需编译整个 EPICS base 3.14,然后需要定义数据库记录实例文件(.db)和数据库记录定义文件(.dbd),编写与特定的硬件有关的设备支持例程和设备驱动支持例程及 IOC 启动的脚本文件。这里,关键在于编写 Linux 内核模块 PCI 设备驱动程序。

##### 1) I/O 设备驱动程序

本系统中采用了 PCI 卡 PCI8020 和 ISA 卡 PC6310 作为前端 I/O 通道设备,根据 PCI 总线协议规定,PCI 定义了 3 个物理地址空间:内存地址空间、I/O 地址空间和配置地址空间<sup>[2]</sup>。PCI8020 的各命令和状态寄存器位于 PCI 的 I/O 地址空间,因此,需要找出其 I/O 地址空间的基地址。由于系统能够自动识别和配置 PCI 的配置地址空间,因此,根据 PCI 卡的厂商标志和设备标志就可找到该设备,然后可通过对该设备的配置地址空间的基地址寄存器操作求得 I/O 地址空间的基地址,在驱动程序中便可对其 A/D、D/A、DI/DO 等进行读写。PC6310 ISA 卡的 I/O 端口地址直接通过跳线确定,在内核模块设备驱动程序中可通过对端口的直接读写来进行 A/D 等操作。

Linux 系统中设备驱动程序的一个基本特点是对设备的抽象处理,即系统中所有的设备看起来和一般的文件一样。Linux 系统支持 3 种类型的硬件设备:字符设备、块设备和网络设备。字符设备是直接读取的,不必使用缓冲区,块设备通过缓冲区读写,网络设备通过 BSD 套接字界面存取<sup>[3]</sup>。因此,一般的硬件设备可作为字符设备来处理,它的设备驱动程序和 Linux 系统之间使用标准的交互接口,即可使用处理文件的标准系统调用 open()、close()、read()、write()、和 ioctl() 来对设备进行打开、关闭、读写和输入输出控制等。Linux 系统是可裁剪的、动态的操作系统,作为系统一部分的设备驱动程序可通过设置脚本在系统启动时初始化,也可作为内核模块在系统启动以后装入到系统内核中。作为内核模块动态装入和卸载对设备驱动程序调试是非常有帮助的。

##### 2) 设备支持例程和数据库记录

在 EPICS 设备支持例程中规定有标准接口函数,可根据需要实现其中的若干个函数。如对模拟量输入设备支持例程中有 6 个接口函数 report()、init()、init-record()、get-ioint-info()、read-ai()、special-linconv(),根据实现其中的 init-record() 和 read-ai()。设备支持例程工作在 Linux 的用户模式下,这些函数可通过操作系统提供的标准接口来操作前面的设备驱动程序,从而对 I/O 设备进行读写控制。在 EPICS 中,各种常用设备的输入输出量均有相应的数据记录类型及记录支持例程,用户也可根据需要定义自己的新的数据库记录类型并开发相应的记录支持例程。本工作涉及的 EPICS 数据库记录类型有 ai、ao、bi、bo、和 calc 等,分别对应于模拟量入、模拟量出、数字量入、数字量出和计算类型。

#### 3.2 EPICS OPI 的实现

本工作选择 EPICS 提供的客户方人机界面开发工具 DM2K 作为客户端的开发工具,用它开发了用于测试 PCI8020 中 A/D 和 D/A 功能的一个人机界面。一组正弦曲线的值,经 D/A 输出后直接连到 A/D 的输入端进行回采,可观测两组正弦曲线的差异。

### 4 结论

从本工作所实现的系统来看,新版本 EPICS base 3.14 的基本功能在 Linux 上可成功运行,而 Linux 以其开放源码、功能强大和稳定而日益受到广泛关注,这无疑给 EPICS 在粒子加速器、实验物理等领域的应用提供了新的操作系统平台,也为北京正负电子对撞机加速器控制系统的改进提供了一种可选的、新的操作系统平台。

#### 参考文献:

- [1] 赵籍九. BEPCII 设计报告——控制系统[R]. 北京:中国科学院高能物理研究所,2002.
- [2] 刘乐善,欧阳星明,刘学清. 微型计算机接口技术及应用[M]. 武汉:华中理工大学出版社,2001. 356~367.
- [3] 周巍松. Linux 系统分析与高级编程技术[M]. 北京:机械工业出版社,1999. 109~112.