

基于 Qt/Qwt 的操作监控系统的设计与实现

Design and Implementation of Operating Monitoring System Based on Qt and Qwt

(中国科学院等离子体物理研究所) 卢华伟 秦品健 郑锐
LU Hua-wei QIN Pin-jian ZHENG Rui

摘要: 本文根据 EAST 极向场电源控制系统的操作监控需求,在 Linux 平台下,使用开源套件 Qt 及其扩展库 Qwt 开发了一套运行于操作节点的,基于反射内存网络通信的操作监控系统。先简要描述了系统的背景架构和功能需求,给出了总体设计方案;然后简要介绍了开发工具 Qt 和扩展类库 Qwt;最后阐述了实现各功能模块的关键技术。本系统已在超导托卡马克聚变装置实验中得到应用,运行稳定可靠,响应迅速,并具有界面友好,操作方便的特点。

关键词: EAST; Qt; Qwt; 图形用户界面; 反射内存网络

中图分类号: TP277

文献标识码: B

Abstract: In this thesis, based on the requirement of operating monitoring function for EAST PFPS Control System, we implemented an operating monitoring system with Qt and Qwt on Linux. This system runs on the console node in a reflective memory network. Firstly, this paper describes the system archive and the function requirements; Then, introduces the develop suite: Qt and Qwt; Lastly, demonstrates how to realize every module's function. The PFPS monitor system has applied in the EAST experiment, and it runs stably with a fast response and a friendly interface of human-machine.

Key words: EAST; Qt; Qwt; GUI; Reflective memory network

1 引言

在工业控制系统中,经常需要通过上位机的图形用户界面来和下位机进行一些必要的交互,以改善生产或者实验任务的质量。本文以国家“九五”重大科学工程项目超导托卡马克聚变实验装置(EAST)子系统-极向场电源控制系统为研究背景,介绍了一种在 Linux 平台下以开源套件 Qt/Qwt 为开发工具,以 KDevelop 为 IDE,以反射内存网络为通信手段的开发模式,实现了一个具有实验参数设置,操作命令发布,波形预设及动态波形实时显示,实时通信等功能模块的操作监控系统。

2 操作监控系统的总体设计

2.1 背景架构

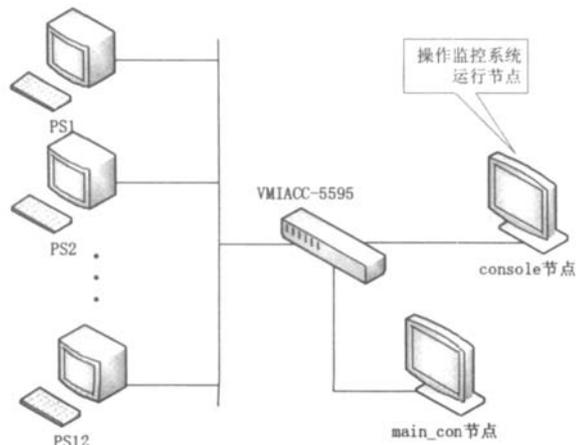


图1 极向场电源控制系统架构简化图

EAST 极向场电源控制系统作为超导托卡马克聚变实验装置的核心子系统,它的可靠稳定的运行对于装置运行的性能与安全、物理实验的成败与效率,具有至关重要的作用。极向场电源控制系统分为3层:Windows 监测层, QNX 实时控制层、现场总线执行层。其中, QNX 实时控制层是整个电源控制系统的灵魂。本层控制以往采用的是 QNX 下命令行字符型的操作界面,这种操作方式极不便于用户对电源控制系统的控制和运行状态的监测。因此研究开发一个操作方便、界面友好、性能优越的操作监控系统,方便用户对电源控制系统的控制和监测,具有非常重要的现实意义。

极向场电源控制系统引入操作节点(console)来运行操作监控系统,电源控制系统引入操作节点后的简化体系架构如图1所示。

2.2 功能需求及总体设计

根据实验控制要求,本节点(console)主要是和主控节点(main_con)进行数据信息交互。操作监控系统主要实现以下功能:

- (1) 实验运行前各种设备参数设置及控制模式选择等功能;
- (2) 实验运行时操作命令的发布功能;
- (3) 模拟总控,进行电源系统本地调试时所需要的预设波形功能;
- (4) 实验运行期间对12套电源电压电流波形的动态显示,滚动缩放查看等功能;
- (5) 反射内存网络通信及本节点和主控节点间的通信状态显示功能;

根据上述功能需求,操作监控系统由波形绘制模块,参数设置模块,通信状态显示模块和操作命令发布模块等组成,通信由反射内存网络实现,总体设计模块结构如图2所示。

卢华伟: 硕士研究生

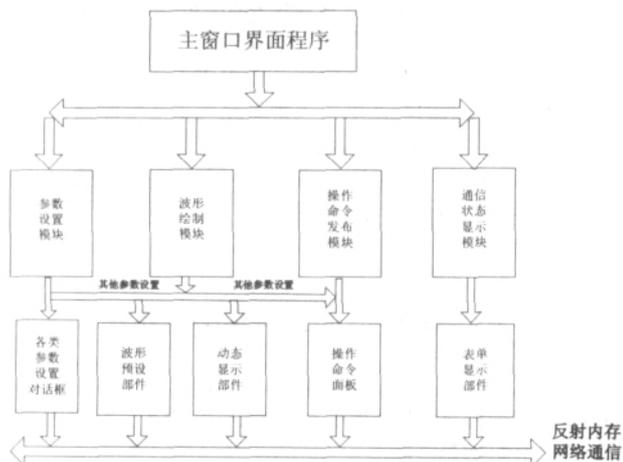


图2 总体设计模块结构图

3 开发工具 Qt 及 Qwt

Qt 是挪威 Trolltech 公司的旗舰产品,作为跨平台的应用程序框架,是开源的桌面系统 KDE 的基石。和 Java 的“一次编译,到处运行”跨平台不同的是,Qt 是源代码级的跨平台,一次编写,随处编译。我们选用的是 Qt 的开源版 Qt/X11 版本 Qt-4.4.3。它和 Qt/Embedded 版本一样具有相同的类接口,对于应用程序编程者来说,可以使用相同的类来进行开发,这为程序未来的移植扩展提供很大的方便。Qwt 是一个基于 Qt 的扩展类库,包含了大量用于工程开发编程的 GUI 部件和辅助工具。除了二维绘图控件类外,它还提供了诸如刻度、滑块、转盘等控件类供开发使用。本系统开发采用的 Qwt 版本是 qwt-5.1.1。

在程序的编写过程中,并没有使用 Qt 的 QtDesigner 和 uic 工具来生成一个具有刻画功能的 Ui_* 类,进而使用多继承的方法构建一个可用的窗口或窗口部件类,而是采用手写代码的方法来实现整个 GUI 界面所用到的窗口和部件。这样做的原因是使用多继承的方法得到的类文件不利于程序模块的扩展和更改,而以手写代码的方式来完成 GUI 程序的开发正弥补了这一点,同时也给 Qwt 扩展库的加入使用提供了极大的方便。

4 操作监控系统的具体实现

操作监控系统的参数设置,操作命令发布及通信状态显示功能都是使用 Qt 本身提供的类库实现,所以这三个模块的实现方法可归结为一类来作阐述;另外波形预设及波形动态显示模块的实现则主要用到了扩展类库 Qwt,这部分是本系统的核心和难点,它的实现将作为另一类问题先着重介绍;本节点和主控节点的通信通过反射内存网络实现,相关通信问题的实现作为第三类来作简要阐述。下面就三类模块实现涉及到的关键技术作介绍。

4.1 绘图模块的实现

绘图模块由波形预设查看区和 12 套电源波形动态显示区两部分组成。动态显示区主要用来动态显示主回路电压电流波形,起到了监控作用。两部分的主要组成部件都是由 Qwt 库中 QwtPlot 的派生类对象组成。QwtPlot 类对象本身不但集成了画布、坐标轴等部件,根据需要还可以在其上绘制曲线、栅格、标记等绘图项。本模块的实现关键主要有以下几部分:

4.1.1 构建基本绘图部件

要构建一个完整的具有绘图功能的部件还必须对 QwtPlot

类对象的相关属性进行修改,并添加绘图需要的曲线绘制类、绘图数据容器类等必要的成员。基本的工作如下:

(1) 设置坐标轴及背景网格

背景网格主要是用来在画布中更直观的显示 X 和 Y 轴的刻度划分,背景网格的绘制设置主要用到了类库中的 QwtPlot-Grid 类;而坐标轴的设置则主要是显示默认隐藏的右坐标轴并进行坐标轴刻度的相关设置,使用到的主要函数如下:

```
void QwtPlot::enableAxis( int axisId, bool tf = true );
void QwtPlot::setAxisScale ( int axisId, double min, double max, double stepSize = 0 );
```

(2) 添加绘图工具及数据容器;

绘图工具使用到了类库中的 QwtPlotCurve 类,这个类可以以几种不同的曲线类型在画布上进行曲线绘制,下面给出此类成员创建后的主要设置函数:

```
void QwtPlotCurve::setStyle (CurveStyle style);
void QwtPlotItem::setYAxis(int axis);
```

在 Qwt 类库中,使用 QwtArrayData 类来盛放绘图点数据,这个数据容器类包含了两个 QwtArray<double>类型成员,分别用来存放每个点的 X 轴和 Y 轴值。在程序中,笔者通过使用 Qt 定时器动态读取主控节点向本节点反射内存卡中所映射的绘图数据来不断更新此类对象,以备 QwtPlotCurve 类对象绘制曲线使用。

(3) 绘制波形

有了绘图数据,就可以调用 QwtPlotCurve 类的绘图函数来实现绘图,关键函数如下:

```
void QwtPlotCurve::setRawData ( const double *xData, const double *yData,int size );
```

```
void QwtPlotCurve::draw ( QPainter painter,const QwtScaleMap &xMap, const QwtScaleMap & yMap, int from, int to);
```

其中绘制函数 draw 中的 QwtScaleMap 类型参数可由以下方法获取:

```
QwtScaleMap QwtPlot::canvasMap ( int axisId);其中 axisId 是坐标轴标识号。
```

4.1.2 波形缩放及滚动查看

除了动态监控波形外,在每一轮实验后还需要详细地对电压电流波形进行分析,以评测实验放电的优劣,所以波形的缩放滚动查看功能是必不可少的。这些功能可以定义到一个类中实现。主要用到的类和方法来源于扩展类库中的 QwtPlotZoomer 类和 Qt 自带的 QScrollBar 类。实现的主要方法是:把具有滚动条基本属性的 QScrollBar 类对象,应用到继承于 QwtPlotZoomer 的子类中,并在类中对滚动条的相应属性进行修改。

在实现缩放功能时,QwtPlotZoomer 及其子类会维护一个栈区(缩放栈)用来存放操作者在进行缩放操作时拖动出的矩形框(缩放框)。每个缩放框都应该拥有它自己的几何位置信息。所以要在类中定义一个槽,用来接受滚动条发出的几何位置变化信号,并依据信号携带的几何位置信息对缩放栈中的缩放框进行更新设置。

4.2 操作设置模块的实现

操作设置模块主要包含了一个操作命令发布面板,一个状态显示面板和大量的设置对话框。无论是操作面板和显示面板的构建,还是自定义或 Qt 内建对话框的实现,都是在基于 Qt 类库本身的。它们的界面属性都是通过 Qt 提供的类库函数来设

置的,它们的功能都是通过信号与槽机制来实现的。信号与槽是 Qt 的核心特性,应用于 Qt 对象之间的通信。

当一个特定事件发生时,一个信号被发射。Qt 的窗口部件有很多预定义的信号和槽,但是程序员也可以重载或者定义自己的信号和槽,其中槽函数的编写是界面程序开发的关键。信号与槽机制具有类型安全和松散耦合的优点。

在完成绘图模块及操作设置模块后,可以看到,使用 Qt 及 Qwt 类库开发实现的整个操作监控系统界面如图 3 所示。

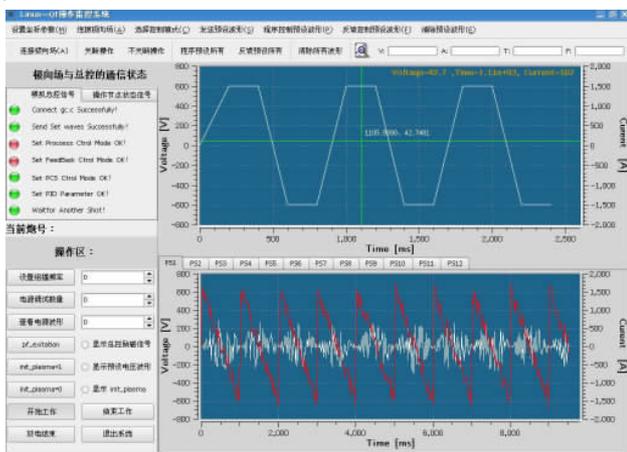


图 3 操作监控系统界面

4.3 通信模块的实现

在实验运行过程中,包括本节点在内的整个控制系统的所有节点都有着大量的信号或数据传输。这些传输主要是通过反射内存网络来实现。控制系统中每个节点都安装了一块或两块反射内存卡 VMIPCI-5565,加上光纤集线器 VMIACC-5595 就构成了整个反射内存网络。反射内存网络具有高速性,低延迟性,高可靠性和可中断的特点。

反射内存网络中每个反射内存卡的板上存储空间可以映射到应用程序的虚拟内存空间,卡卡之间光纤互连。本节点上的数据只需写入本地反射内存卡的某个区域中,则主控程序就可以在本地反射内存卡的对应区域中读取相应数据。由于是光纤连接,两端也没有光电转换,这种方式干扰极小,且精确度很高。

在相应功能模块中添加相关的槽来实现本节点和主控节点的通信,以便进行数据信息的交互。在通信相关的槽函数编写过程中用到的关键 API 函数有如下几个:

```
RFM2G_STATUS RFM2gOpen ( char *devicePath,
RFM2GHANDLE *rh );
RFM2G_STATUS RFM2gRead ( RFM2GHANDLE rh,
RFM2G_UINT32 rfmOffset, void *pBuff, RFM2G_UINT32 length );
RFM2G_STATUS RFM2gWrite ( RFM2GHANDLE rh,
RFM2G_UINT32 rfmOffset, void *pBuff, RFM2G_UINT32 length );
RFM2G_STATUS RFM2gClose( RFM2GHANDLE *rh );
```

其中 rh 为调用 RFM2gOpen()后返回的供用户使用的标识设备驱动对象的句柄,利用这个句柄,就可以使用驱动的其他 API 函数对所映射的相应虚拟地址空间进行读写操作。使用 RFM2gClose()可以断开这种映射,关闭各种 API 服务。

5 总结

本文的创新点是在 Linux 下综合使用 Qt 类库及扩展类库 Qwt 进行了本系统的开发,使得本系统具有很好的移植性,只要

安装相应运行环境,程序便可以移植到不同的操作系统去;并且本系统所实现的功能模块满足了工业控制中一些典型的控制需求,对类似系统的同类 GUI 程序开发提供了一个很好的借鉴;此外,本系统把反射内存网络引入进来作为工业控制通信手段,大大提高了系统的实时性。本系统已经运用于 EAST 极向场电源控制系统中去,运行稳定可靠,响应迅速,各个功能模块满足了设计前所提出了各种功能要求,有效的保证了实验任务的正常运行。

参考文献

[1]蔡志明,卢传富,李立夏等.精通 Qt4 编程[M].北京:电子工业出版社,2008。
 [2]Qwt User's Guide [M]. Uwe Rathmann, Josef Wilgen, 2008。
 [3]游燕珍,赵国锋,徐川等.基于 Qt/E 嵌入式 GUI 的研究及其移植[J].微计算机信息,2008,5-2:61-63。
 [4]VMIPCI-5565 user's manual [M]. VMIC Company, 2007。
 作者简介:卢华伟,男,1980年9月生,中科院等离子体物理研究所硕士研究生,主要从事实时计算机控制,嵌入式开发等研究;秦品健,男,1951年,汉族,中科院等离子体物理研究所研究员、硕士生导师。

Biography: LU Hua-wei (1980-), Male, Han, Institute of Plasma Physics of CAS, postgraduate, Major in: Real-time Computer Control, Embedded System.

(230031 安徽合肥 中国科学院等离子体物理研究所二室) 卢华伟 秦品健 郑锐

(Institute of Plasma Physics, Chinese Academic of Science, Hefei, Anhui 230031, China) LU Hua-wei QIN Pin-jian ZHENG Rui

通讯地址:(230031 安徽合肥 中国科学院等离子体物理研究所二室) 卢华伟

(收稿日期:2009.01.17)(修稿日期:2009.04.17)

(上接第 81 页)

[7]黄智伟. ARM9 嵌入式系统设计基础教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008

作者简介:柳兰 (1970-),女,湖南省长沙县人。南华大学电气工程学院,工程师。主要研究方向为智能控制及综合自动化;何娜,南华大学硕士研究生,主要研究方向:计算机遥测与遥控技术;黄智伟(通讯作者)(1952-),男,湖南省平江县人。南华大学电气工程学院通信工程系,教授,1975年湖南大学无线电技术专业毕业,大学本科,1992年赴美国加州大学进修高技术管理,中国电子学会高级会员,中国电子学会生命电子学会分会委员,衡阳市专家委员会委员,衡阳市学科带头人,主要从事计算机遥测和遥控技术研究。

Biography: LIU Lan (1970-), female, Changsha, Hunan Province. School of electrical engineering in University of South China, engineer. The main research directions for intelligent control and integrated automation.

(421001 湖南衡阳 南华大学电气工程学院) 柳兰 何娜 黄智伟

(School of electrical engineering in University of South China Hu-Nan Heng-yang, 421001, China) LIU Lan HE Na HUANG Zhi-wei

通讯地址:(421001 湖南衡阳 南华大学电气工程学院) 柳兰

(收稿日期:2009.01.19)(修稿日期:2009.04.19)

技术创新