

大地电磁仪的 Windows CE 驱动程序设计

陈凯, 邓明, 张启升, 李梅, 王猛, 侯宝佳

(中国地质大学地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了实现超长周期大地电磁信号的智能化采集, 设计数据采集板硬件, 移植 Windows CE5.0 内核。开发 Windows CE 内核下独立型接口的数据采集板驱动程序, 通过访问驱动实现采集应用程序。野外现场实验结果表明, 该仪器具有高稳定、高精度及易操作、低功耗的优点。

关键词: Windows CE 内核; 驱动开发; 大地电磁

Design of Windows CE Drivers for Magnetotelluric Instrument

CHEN Kai, DENG Ming, ZHANG Qi-sheng, LI Mei, WANG Meng, HOU Bao-jia

(Geo-detection Key Laboratory, Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083)

【Abstract】 In order to acquire ultra long period magnetotelluric signal intelligently, this paper designs data acquisition board hardware, replants Windows CE 5.0 kernel, develops the monolithic stream drivers for data acquisition board under Windows CE kernel, and designs the acquisition application based on the driver. The experiment on field shows that this instrument has high credibility, high precision, low power consumption, and is easy to be operated.

【Key words】 Windows CE kernel; driver development; magnetotelluric

1 概述

超长周期大地电磁信号携带着地下深部介质的电性信息, 提供了大陆壳幔结构及地球演化历史的重要物理证据。超宽频带大地电磁测深是采集信号频率范围在 100 Hz ~ 0.001 Hz 的电磁测量技术, 它有 3 个特点: (1) 野外数据采集时间长, 一般在每个测量点上连续测量 3 周 ~ 4 周; (2) 信号频带宽, 需要实现从中频、低频到整个超低频段的精确测量; (3) 信号能量弱、幅度小, 其量级一般为 μV 。为了实现超长周期的大地电磁信号采集, 必须设计出高稳定性、高精度、易操作、低功耗的高性能仪器。为了达到上述测量目的, 对测量仪器的稳定性、灵敏度及智能化程度都提出了较高技术要求。

微软 Windows CE 内核具有嵌入式操作系统的显著优势:

(1) 内核占用小, 能适应小型设备资源有限的情况且支持多种处理器的嵌入式设备; (2) Windows CE 是抢占式的多任务操作系统, 最大支持 32 个进程(一个进程中包含一个或多个线程), 支持多线程处理和线程同步; (3) 提供丰富的 Win32 API 函数, 支持用户开发 MFC, ATL 应用程序; (4) 完全抢先式多任务操作核心, 支持强大的通信和图形显示功能。因此, 本文选用 Windows CE 内核与 PC/104 嵌入式计算机相结合的数据采集软硬件方案^[1]。

本文所用 PC/104 是一款采用 NS GX-1 300M CPU 的 586 级 PC/104 模块。此模块集成了 LCD 控制器、10/100BASE-T 网卡、支持 COMPACTFLASH 卡存储、带有 2 个标准串口。基于该模块的集成资源很大程度上满足了超长周期大地电磁仪器的需求, 本文在此模块的基础上移植 Windows CE 内核并开发相应硬件。

仪器整体开发流程如下: (1) 开发大地电磁数据采集板, 实现野外条件下的大地电磁信号观测; (2) 按需求裁剪定制 Windows CE 内核, 并移植到 PCM-3350 模块中; (3) 为数据

采集板编写 Windows CE 平台下的设备驱动程序; (4) 开发采集应用程序并调用采集板设备驱动程序, 从而实现智能化数据采集。

2 采集硬件架构

自主研发的数据采集电路如图 1 所示, PC/104 模块运行于 Windows CE 内核下。

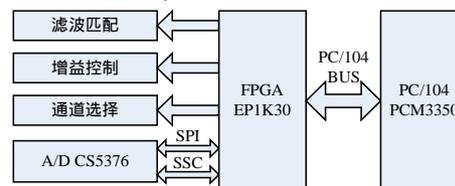


图 1 采集板硬件框图

EVC 下开发的采集应用程序通过驱动程序访问 PC/104 总线控制采集板, 采集板的 FPGA 传递 PC/104 的指令, 实现模拟通道相应的增益控制、滤波匹配、通道选择及 CS5376 的数据交换。仪器启动后, 采集程序读取参数文件描述的采样率、采集深度、增益控制、滤波匹配、通道选择等参数, 并依次将此信息写入 FPGA 中相应的寄存器。FPGA 再将配置信息模拟 SPI 时序写入 CS5376 内部寄存器中。启动采集后, 当 CS5376 一次转换结束时, 通知 FPGA 读出转换好的数据, 通过模拟 SSC 接口时序读取的串行数据转换成并行的 128 位数据后, 指示数据已准备好, 产生中断。PC/104 相应中断读出各通道数据并生成数据文件, 存储至 CF 卡中, 如

基金项目: 国家自然科学基金资助重点项目(40434010)

作者简介: 陈凯(1984 -), 男, 助教, 主研方向: 地球物理仪器研制; 邓明, 教授; 张启升, 讲师; 李梅、王猛、侯宝佳, 硕士研究生

收稿日期: 2007-09-12 **E-mail:** chenkaick@163.com

此循环直到采集结束。采集完毕后，读出 CF 卡中数据并进行数据处理。CS5376 内部寄存器配置过程和读取过程是关键，对 FPGA 的时序要求很严格，这对驱动程序提出了较高要求。由图 1 可以看出，采集板驱动程序重点在于 PC/104 对 FPGA 的访问操作。

3 Windows CE 设备驱动程序结构

设备驱动程序是将操作系统和设备相连接，使操作系统可以识别设备，并为应用程序提供服务。在本质上，Windows CE 的设备驱动程序是一些动态链接库(DLL文件)，这些 DLL 文件向内核提供了函数调用接口，使设备管理模块可以通过这些函数与具体的硬件设备进行通信^[2]。

Windows CE 设备驱动程序按其驱动层次的分类可分为层次型驱动程序和独立型驱动程序。如图 2 所示，层次性结构的设备驱动程序在结构上分为 MDD(Model Device Driver)层和 PDD(Platform Dependent Driver)层，MDD 层供操作系统调用，它通过 DDSI(Device Driver Service provider Interface)函数来调用 PDD 层；PDD 层与硬件设备相关。独立型结构的设备驱动程序直接访问设备，把跟硬件设备相关的函数，即 DDI(Device Driver Interface)函数直接提供给操作系统。独立型结构中包含了所有必须的操作，既有中断服务例程，也有与具体平台相关的代码，这种结构避免了层次之间的相互调用造成的系统资源浪费。由于避免了与 MDD 层和 PDD 层之间的函数调用有关的重叠过程，因此实现独立型驱动程序可能比实现层次型驱动程序简单且高效^[3]，但其缺点是移植性和可读性较差。

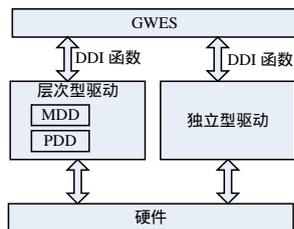


图 2 层次型和独立型驱动程序

由微软提供的许多驱动程序实例都采用分层结构，使用层次型结构开发驱动程序时，开发者可以重用由微软提供的 MDD 层代码，其他工作只是编写与特定硬件相关的代码。这样可以减少开发人员将这些实例移植到新设备上时的工作量。开发者也可以不用 MDD 和 PDD 层，而是把自己的设备驱动程序实现为独立型驱动程序。层次型结构并不适合所有驱动程序开发，因为在代码层之间必须编写额外调用操作，所以在一些对实时性要求较高的场合下应用单层结构可能更符合需求。

Windows CE 设备驱动程序按加载和接口类型可分为本地设备驱动程序和流设备驱动程序。本地设备驱动程序被静态地链接到 GWES，而不是作为一个单独的 DLL 存在。常见的例子有显示器、键盘、触摸屏、电源提示 LED 等设备的驱动程序。Windows CE 平台生成器提供本机设备驱动程序的样本，可考虑把本机设备驱动程序样本应用到自己的平台上，无须从头开发自己的本机驱动程序。流接口驱动程序是用户模式的动态连接库，由设备管理程序对其进行加载、管理和卸载，与具有单独目的接口的内部驱动程序不同，所有流接口驱动程序使用同一个接口并调用同一个函数集流接口函数。每个流接口驱动程序所要求的入口点用于实现标准文件 I/O 函数和电源管理函数，这些函数由 Windows CE 操作系统

的内核使用。所要求的入口点为 XXX_Close, XXX_Deinit, XXX_Init, XXX_IOControl, XXX_Open, XXX_PowerDown, XXX_PowerUp, XXX_Read, XXX_Seek 和 XXX_Write。流接口函数是为了更紧密地匹配常用文件系统应用程序编程接口而设计的，由流接口管理的设备通过文件系统导出给应用程序，应用程序通过打开文件系统的特殊文件与设备驱动进行交互。流接口适合于在逻辑上被认为是数据源或数据存储设备的 I/O 设备，即任何以数据读写为主要功能的外围设备都可以选择导出流接口。流接口驱动程序是为了连接到基于 Windows CE 平台的外围设备而设计的。这些外围设备包括调制解调器、打印机、数码相机和 PC 卡。常见的例子有串口驱动、PC 卡驱动、CF 卡驱动、网卡驱动。

图 3 描述了系统启动时由设备管理器加载的内建设备流接口驱动的架构。流接口驱动程序的主要任务是把外设的使用传递给应用程序，这是通过把设备表示为文件系统的一个特殊文件实现的。流接口驱动从设备管理器和通过文件系统调用的应用程序接收命令，驱动将这些命令解析成它所控制设备的适当操作的所有信息，达到访问相关硬件的目的并实现数据交换。无论流接口驱动管理的是内置式设备或可安装式设备、是系统引导加载或动态加载，它们和其他系统组件的交互过程相似^[4]。

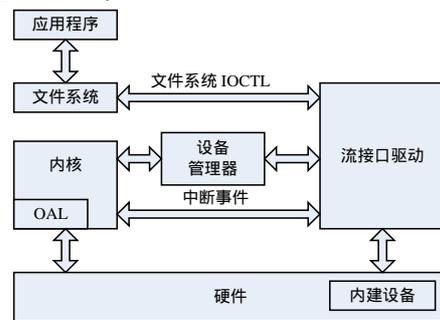


图 3 流接口驱动的架构

4 采集板驱动程序设计

超长周期大地电磁仪的硬件研发核心是数据采集板的实现，而其软件研发的重点和难点之一在于采集板驱动程序的设计。对于一个不需要支持热插拔的设备，最快捷的方法就是为其实现一个内置的流接口驱动^[5]。此类驱动程序只要按一种特定的规则实现一个动态库，实现对所有硬件功能的调用并将这个动态库加入系统中，设置相关的注册表项^[6]，使设备管理器在系统启动时能识别并加载这个设备。根据上述对 Windows CE 驱动结构的分析，针对超长周期大地电磁采集板的需求，本文采用独立型流接口的构架方式开发数据采集板的驱动程序。

流驱动程序公开的函数集有 Open, Close, Read, Write, PowerUp, PowerDown, IOControl, Init 和 DeInit，设备管理器调用驱动的顺序为 XXX_Init, XXX_Open, XXX_IOControl 和 XXX_Close。当实现一个自定义的设备时，驱动程序的所有 I/O 操作都可以在 IOControl 函数中实现，当应用程序调用 DeviceIOControl 函数时，操作系统会调用流接口函数集中的 XXX_IOControl 函数，笔者只要按已经定义的内容来实现所有 I/O 操作。以下是 IOControl 函数的声明：

```

BOOL XXX_IOControl (
    DWORD hDeviceContext,
    DWORD dwCode,
    PBYTE pBufIn,

```

```

DWORD dwLenIn,
PBYTE pBufOut,
DWORD dwLenOut,
PDWORD pdwActualOut );

```

参数 hDeviceContext XXX_Open 是设备上下文的句柄；参数 dwCode 定义要完成的 I/O 控制操作码，如果是 CE 已经支持的设备类，就用已经定义好的码值，否则就可以自己定义，并通过头文件导出；参数 pBufIn 是指向被传入设备的数据缓冲指针；参数 dwLenIn 是 pBufIn 定义的以字节为单位的长度；参数 pBufOut 和 dwLenOut 分别为设备的数据缓冲指针及其长度；参数 pdwActualOut 是驱动程序在 pBufOut 中所填入数据的长度。其中，前 2 个参数是必须的；其他所有参数都有可能是 NULL 或 0。

以下是在 PB 中开发的 LMT_IOControl 函数的部分代码，分别完成增益控制、通道选择、设置 CS5376 寄存器和读取 CS5376 数据。注意 CASE 语句的分支选择，在头文件中定义这些操作码，不同的操作码值代表执行不同的操作。

```

case IOCTL_SETGAIN://增益控制
{
    OutputDebugString(L"SETGAIN...\n");
    memcpy(WriteChar,pBufIn,dwLenIn);
    WRITE_PORT_UCHAR(PUCHAR(GainCtrlAddress),WriteChar
[0]);
    DBGOut(WriteChar[0]); }
break;
case IOCTL_CHSEL://通道选择
{
    OutputDebugString(L"CHSEL...\n");
    memcpy(WriteChar,pBufIn,dwLenIn);
    WRITE_PORT_UCHAR(PUCHAR(CHSELAddress),WriteChar
[0]);
    DBGOut(WriteChar[0]); }
break;
case IOCTL_SETCS5376://设置 CS5376 寄存器
{
    OutputDebugString(L"SETCS5376...\n");
    memcpy(WriteChar,pBufIn,dwLenIn);
    WRITE_PORT_UCHAR(PUCHAR(CS5376DataAddress),Write

```

```

Char[0]);
    DBGOut(WriteChar[0]); }
break;

```

在 EVC 下开发的应用程序代码 DeviceIoControl(m_hLMT, CMDREADCS5376, Bufin, 2, Bufout, dwNumBytes Written, NULL, NULL)实现对 LMT_IOControl 函数的调用，在 CASE 语句中选择 IOCTL_READDATA 项，实现对 CS5376 的数据读取操作。以上过程实现了从应用程序到驱动程序最终实现硬件的访问和数据交换操作。完成驱动程序编制后，将其添加到超长周期大地电磁仪 Windows CE 内核中，测试结果表明，数据采集的效果满足仪器要求。

5 结束语

开发驱动程序是嵌入式系统应用的重要基础，本文开发的采集板驱动程序在超长周期大地电磁仪中的成功应用表明，独立型流接口设备驱动程序适用于对实时性要求较高及在逻辑上被认为是数据源或数据存储设备的 I/O 设备，即任何以数据读写为主要功能的外围设备都可以选择导出流接口，通过函数集接口可以方便地实现对硬件接口的访问与控制。

参考文献

- [1] 胡军辉, 王友钊. Windows CE 设备驱动程序开发[J]. 计算机工程, 2006, 32(16): 41-43.
- [2] 陆云峰, 李强, 母其勇. 基于 Windows CE.NET 的嵌入式 PC 视频监控系统的[J]. 计算机工程, 2004, 30(20): 179-183.
- [3] 李蒙, 舒云星. Windows CE 驱动程序开发[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(16): 961-963.
- [4] 王日宏. 基于 WIN CE 的串行外设的接口驱动程序设计[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(10): 124-126.
- [5] 张进明, 杨冬风. 基于 Windows CE 便携式数据采集与处理系统开发[J]. 微计算机与信息, 2004, 20(7): 38-41.
- [6] 王少红, 徐小力, 李海燕. Windows CE 平台上开发采集板驱动程序[J]. 北京机械工业学院学报, 2004, 19(3): 22-26.

(上接第 276 页)

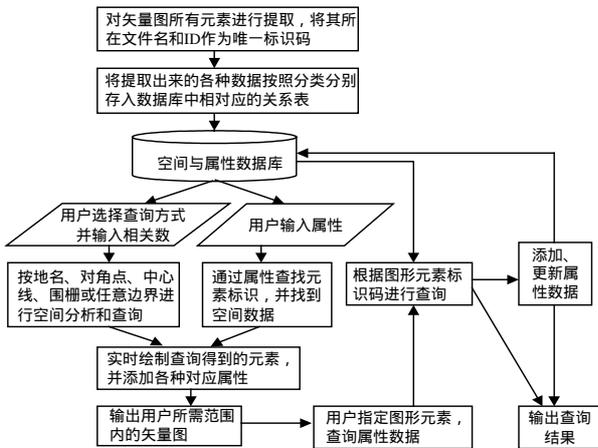


图 2 系统操作流程

4 结束语

本文成功解决了各种类型数据提取的技术难题，实现了大庆油田基础地理信息系统，很好地完成了对海量矢量地形

图的查询、拼接、裁减及属性管理等工作。此系统运行速度快、界面友好、操作方便、有较强实用价值。

本文系统已具备 GIS 的一些基本功能，但仍有很多强大的空间分析功能没有得到较好发挥，需要根据用户的实际需求和习惯进一步完善此系统。

参考文献

- [1] 毕硕本, 张雪, 沈伟. 对大庆油田地面建设信息系统的若干认识[J]. 油气田地面工程, 1998, 17(5): 64-65.
- [2] Addison N. MicroStation 2D by Examples[M]. [S. l.]: Pen and Brush Publishers, 1999.
- [3] 美国奔特力公司. Microstation V8 介绍[EB/OL]. (2007-05-22). http://www.bentley.com.cn/download/doc/MicroStation_Product_Spec_Sheet_Simple_Chinese.pdf.
- [4] 许惠平, 刘丁, 陈华根. 基于 Microstation 平台的正射影像图库管理系统设计[J]. 同济大学学报, 2005, 33(9): 1259-1264.

