

doi: 10.7690/bgzd.2016.09.009

便携式无线电频谱管理系统研究与实现

褚凯¹, 朱一旺¹, 牛红岩²

(1. 陆军军官学院军用光电技术与系统实验室, 合肥 230031;
2. 装甲兵学院通信侦察系通信指挥教研室, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 为合理使用频谱资源, 运用便携式无线电频谱管理系统对其进行管理。该系统以 PIC24FJ64GA004 为核心处理模块, 实现对 15~2 700 MHz 范围内的频谱信号进行探测, 通过 mini-USB 接口完成软硬件之间的数据交互, 并在软件中对频谱数据进行图形化实时显示、存储、频谱分析和频谱规划。结果表明: 该系统能为提高频谱的利用率提供必要的手段, 具有一定的实用价值。

关键词: 频谱管理; 频谱探测; 频谱规划; 可视化

中图分类号: TP216 **文献标志码:** A

Study and Implementation on Portable System of Radio Spectrum Management

Chu Kai¹, Zhu Yiwang¹, Niu Hongyan²

(1. Laboratory of Military Electro-optical Technology & System, Army Officer Academy, Hefei 230031, China;
2. Communication & Command Teaching & Research Section, Department of Communication Intelligence, Academy of Armored Forces, Bengbu 233050, China)

Abstract: For making better use of spectrum resources, the portable system of radio spectrum management will be used to manage them. The hardware which is based on the core processing module of PIC24FJ64GA004, has detected the spectrum signal between 15 MHz and 2 700 MHz, and has completed the data interaction between hardware and software through the mini-USB communication interface, meanwhile these spectrum data have been shown at real time with graphs and data, stored, analyzed and planned in the software. The experimental results show that the system which is of certain practical value, provides an efficient tool for improving the use ratio of spectrum resources.

Keywords: spectrum management; spectrum detection; spectrum planning; visualization

0 引言

随着无线通信科技的飞速发展, 无线通信设备已广泛运用在军事、交通、医学及日常生活等方面, 日益增长的频谱需求与频谱资源紧缺之间的矛盾愈加突显。而频谱资源紧缺的原因: 一方面是频谱资源的范围限制, 另一方面是对频谱资源的不合理利用^[1]。国外发达国家非常重视频谱管理体系建设及系统应用, 如瑞典的频谱规划管理软件 WRAP 系统, 美国的全球电磁频谱管理信息系统 (GEMISIS)^[2], 美军的频谱 21 (Spectrum XXI) 系统、频谱认证系统及作战使用的联合频谱管理规划工具 (CJSMPT)^[3-4]等。我国电磁频谱管理系统起步晚, 与国外的频谱管理系统相比还存在很大差距^[2]。

频谱管理系统可以合理地管理频谱资源, 实现频谱资源与需求的科学配置, 从而提高频谱资源利用率^[5]。便携式无线电频谱管理系统可方便快速地对电磁环境与无线电信号进行探测, 用于对 15~2 700 MHz 频段范围内信号进行检测、显示、存储、分析和规划, 为实时掌握电磁环境、选择、

分析和调整频谱提供必要的手段。

1 系统组成及工作原理

1.1 系统结构组成

便携式频谱管理系统主要以频谱检测处理硬件平台和 PC104 为支撑, 以频谱管理软件为主体进行频谱规划和分析^[6]。该系统主要由天线、无线收发模块、微处理单元 (micro controller unit, MCU) 处理模块、接口转换模块和频谱管理系统软件等^[7]组成, 完成频谱信息采集、频谱信息传输和频谱管理, 如图 1 所示。

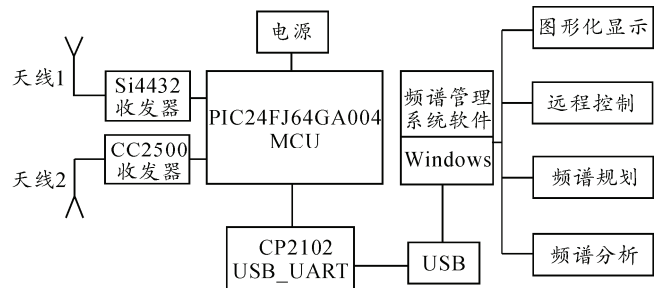


图 1 频谱管理系统结构组成

收稿日期: 2016-05-08; 修回日期: 2016-06-27

作者简介: 褚凯 (1987—), 男, 安徽人, 硕士, 讲师, 从事通信指挥研究。

1.2 系统工作原理

便携式频谱管理系统中天线 1 为 Nagoya NA-773 宽频段自适应套管式伸缩天线,用于接收所有的 Sub-1 GHz 频段信号,天线 2 为螺旋型鞭天线,适用于 2.4 GHz 频段信号。

天线接收的信号分别经 Si4432 和 CC2500 收发器处理后送至 MCU 处理模块,进行连续波、ISM 频段脉冲信号的频段扫描、参数测量等处理。MCU 处理模块可根据检测到的信号自动调节分辨率带宽 (resolution band width, RBW) 和扫描时间 (Sweep Time)。MCU 处理模块通过 CP2102 接口转换模块,使用 mini-USB 接口与频谱管理软件进行数据交互。频谱管理软件将检测的信号存储到数据库中,进行频谱分析和频谱规划,并将信号数据进行图形化显示,具有实时值、平均值和最大峰值显示模式。同时,频谱管理软件可远程设置频谱检测设备的检测参数。

2 硬件模块

2.1 核心处理模块

频谱检测设备的内部核心处理器基于 16 位微处理器 PIC24FJ64GA004 (44 pins) 进行设计,实现了频谱探测、频谱分析、命令响应及数据通信等功能,其部分接口可作为扩展口使用,融合其他检测设备模块,增大探测频段范围。通过基于 mini-USB 接口的通信模块,软件部分可通过发送控制指令对其进行参数设置。

2.2 频谱探测模块

频谱探测的频率范围为 15~2 700 MHz,使用的天线分别是为 Nagoya NA-773 宽频段自适应套管式伸缩天线和螺旋型鞭天线,用于接收 Sub-1 GHz 频段信号和 2.4 GHz 频段信号。Sub-1 GHz 频段信号收发器采用 Silicon Labs EZRadioPRO 系列中的 ISM 频段无线芯片 Si4432,接收灵敏度达到 -117 dB,可提供极佳的链路质量和频道选择性,芯片内含的一个高性能 ADC 在数字接收路径和数字调制器中进行解调、滤波和数据包处理,最大功率下传输距离可达上千米。2.4 GHz 频段信号收发器采用的是德州仪器 CC2500 收发器,其集成了数据传输率可达 500 kbit/s 的高度可配置的调制解调器,为数据包处理、数据缓冲、突发数据传输、清晰信道评估、连接质量指示和电磁波激发提供硬件支撑。

2.3 通信模块

频谱探测设备与软件之间通信使用 USB 接口。

通信模块使用的驱动是具有高集成度的 Silicon Labs CP2102,内置时钟电路并具有良好的抗时钟漂移能力,512 bytes 的收发缓冲器,支持从 300~921.6 kbit/s 的波特率。CP2102 与其他 USB-UART 转接电路的工作原理类似,通过驱动程序将 USB 接口虚拟为 COM 口,在通信协议的规定下,传递检测设备与频谱管理软件的数据。在该探测设备中,由于在较高波特率下的稳定通信,需要附加反馈电路,本系统中使用的波特率为 500 kbit/s。

3 软件模块

频谱探测软件为用户操作接口,使用 C# 语言编程实现,基于 Visual Studio 2010 集成开发环境进行开发,主要完成数据可视化、远程控制、频谱存储、频谱分析及频谱估计规划等功能,运行界面如图 2。

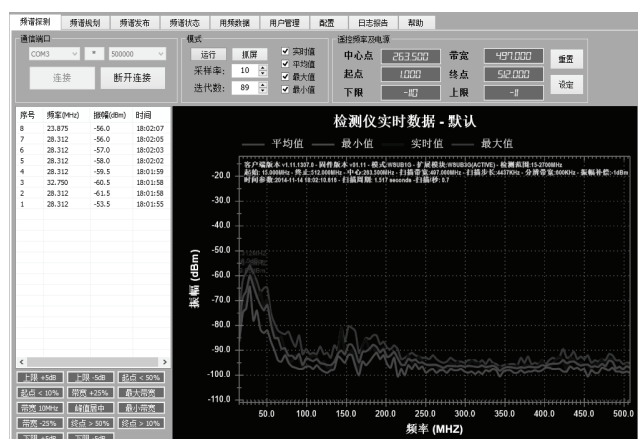


图2 频谱管理软件运行界面

3.1 数据可视化

频谱管理软件可进行频谱数据的图形化显示,可从实时值、平均值、最小值和最大值 4 个维度来显示频谱情况。为了进一步观察频谱数据,在频谱显示界面中通过鼠标左键拖拽操作选取某段频谱曲线进行放大显示;同时,图形化显示界面还增加了对鼠标右键的响应,提供了图形的伸缩等功能。

3.2 频谱分析

频谱管理软件的频谱分析主要是对检测到的频谱数据,按照不同频段的使用状况进行分析,得出频谱的密集度、信号辐射强度和信道质量等数据,给出在某一频段范围中的使用建议^[8]。

3.3 频谱规划

根据数据库存储的已探测频率使用情况、保护频率和设备盲区频率,得到可进行规划使用的频率资源。频率规划按照使用高频前优先使用低频,保

持最大间隔, 保证最大频谱利用率^[4], 对涉及到“频率少组网多”的情况, 用优先分配频率的规则进行规划^[9]。频谱管理系统软件将频谱规划结果以文本文件(.docx 格式)进行发布。

4 测试分析

笔者利用频谱发生器对频谱探测管理系统的精度进行测试。对 35~36 MHz 范围进行扫描, 设置扫描带宽为 56 MHz, 扫描步长为 500 kHz, 检测统计数据如表 1 所示。

表 1 检测统计数据 MHz

序号	发射频率	检测频率	绝对误差	相对误差/%
1	35.100	35.000	-0.100	-0.29
2	35.200	35.000	-0.200	-0.57
3	35.300	35.000	-0.300	-0.85
4	35.325	35.500	0.175	0.50
5	35.350	35.500	0.150	0.42
6	35.375	35.500	0.125	0.35
7	35.500	35.500	0	0
8	35.600	35.500	-0.100	-0.28
9	35.750	35.500	-0.250	-0.70
10	35.775	35.700	-0.075	-0.21
11	35.800	35.800	0	0
12	35.825	35.800	-0.025	-0.07
13	35.850	36.000	0.150	0.42
14	35.875	36.000	0.125	0.35

通过表 1 可知, 发射频率的平均值为 35.545($\sigma=0.269$), 检测频率的平均值为 35.521($\sigma=0.335$), 相差不大, 离散程度稍高。具体来看, 检测绝对误差的绝对值最大为 0.3, 检测相对误差的绝对值最大为 0.85%。

(上接第 34 页)



(b) 奇场图像 (c) 偶场图像

图 10 原始图像与 DSP 端采集图像

5 结论

笔者提出了一种基于 FPGA+DSP 架构异步 FIFO 实现视频图像数据采集的设计方法。理论分析及系统测试结果表明: 该设计实现了视频图像的实时采集, 具有稳定可靠, 实现方便, 性价比高等优点, 为低存储资源 FPGA 芯片实现视频图像数据采集提供了一种解决办法, 具有较高的实用价值。

5 结论

笔者以 PIC24FJ64GA004 为核心的频谱探测硬件平台为支撑, 通过 PC104 进行便携式集成, 实现了对 15~2700 MHz 范围内的频谱信号探测。通过 USB 接口完成硬件与频谱管理系统软件之间的数据交互, 实现对频谱数据的图形化显示、存储、分析和规划, 为提高频谱资源的利用率提供了手段。

参考文献:

- [1] 邴雨晨, 刘璘, 刘红. 美军电磁频谱管理体系研究[J]. 科技和产业, 2014, 14(6): 111-115.
- [2] 张波. 海战场无线频谱资源管理策略研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2010: 3-4.
- [3] 程伶俐, 龚欣, 张路. 美国空军电磁频谱管理浅析[J]. 军事通信技术, 2014, 35(3): 76-79.
- [4] 刘刚. 美军战场电磁频谱管理现状与发展[J]. 电讯技术, 2014, 54(11): 1589-1590.
- [5] 张建照, 陈勇, 吴昊, 等. 基于频谱地图的动态频谱管理及其半实物仿真[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2014, 15(6): 508-512.
- [6] 沈国勤. 电磁频谱管理技术构架体系探析[J]. 中国无线电, 2006, 17(4): 20-24.
- [7] 刘新宇. 无线电频谱管理监测系统软件设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2013: 25-60.
- [8] 李英杰, 李开端. 图像频谱分析在像移残差检测中的应用[J]. 四川兵工学报, 2015, 36(7): 86-89.
- [9] 李铁, 刘维国, 李锐. 无线电通信频谱管理模型研究[J]. 舰船电子对抗, 2005, 28(5): 27-31.

参考文献:

- [1] 武颖. 基于 DSP 的图像采集与处理系统的设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2009.
- [2] 汤少为. 基于 FPGA 控制的高速数据采集系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2007.
- [3] 刘东华. Altera 系列 FPGA 芯片 IP 核详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014: 116-125.
- [4] 蔺志强, 孟令军, 彭晴晴. 基于 ADV7180 的视频图像实时采集系统的设计[J]. 电视技术, 2011, 35(17): 37-41.
- [5] 白宗元. 基于 FPGA 的视频转换接口的研究与设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2008.
- [6] 赵海波, 梅员, 郝红宇, 等. 一种基于 LVDS 接口的数字图像处理模块硬件设计[J]. 兵工自动化, 2015, 34(2): 69-71.