

高铁沿线 GSM-R 电磁环境实时检测系统^①

刘宏志, 刘卓

(北京工商大学 计算机与信息工程学院, 北京 100048)

摘要: 为了适应高速铁路工程测试的实际需要, 提出了高铁沿线 GSM-R 电磁环境实时检测系统的设计方案. 该系统使用 ESPI、GPS 等仪器, 通过控制技术实现了对 GSM-R 电磁环境数据实时、连续地采集, 并对测试数据进行筛选处理, 最终实现了对被测路段 GSM-R 电磁环境数据的曲线显示及质量评价.

关键词: GSM-R; 电磁环境; 检测系统; 数据采集; 数据处理

System of Real-time Test in GSM-R Electromagnetic Environment Along the High-Speed Railway

LIU Hong-Zhi, LIU Zhuo

(Department of Computer & Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: To meet the practical needs of engineering test along the high-speed railway, we proposed the design for the system of GSM-R electromagnetic environment test. Through the interface programming technique, the computer takes remote control for the ESPI and GPS and other instruments, thus, the functions of real-time acquisition, display and storage of GSM-R electromagnetic environment data are achieved. Consequently, the electromagnetic environment quality evaluation can be gained with the playback and processing of data in the selected test bands and area.

Key words: GSM-R; electromagnetic environment; test system; data acquisition; data processing

7·23 甬温线动车追尾事故发生后, 高速铁路的安全性问题也越来越受到人们的关注. GSM-R 是我国根据铁路运输的实际需要, 以及 GSM-R 自身所具备的封闭性、安全性、可靠性和实时性的性能优势所确定的铁路专用移动通信系统. 由于铁路分布呈链状及其沿线地形复杂, 加之行车安全和指挥等方面对列车的运行控制信息传输和抗干扰都有很高的要求, 所以小区覆盖范围和影响覆盖的干扰就成为 GSM-R 网络通信无线覆盖中的核心问题. 我国铁路 GSM-R 系统使用的频段为 885~889 MHz (上行)、930~934 MHz (下行), 共 4 MHz 带宽. 一些同频或者临频的干扰信号会影响到 GSM-R 的正常工作, 干扰严重时, 会使无线信道由于干扰电平达到门限值而阻塞, 引起频谱资源的浪费^[1]. 这些都将给我国铁路的安全运行、旅客的生命安全以及国家经济的发展带来忧患. 因此, 在建设 GSM-R 系统前对高铁沿线各站点的 GSM-R 电磁环境

进行测试对当前的铁路建设具有重要的现实意义. 通过深入分析测量数据, 发现受干扰频段和站点, 为进一步的 GSM-R 网络优化提供了依据, 也为保障高速列车的无线电通信通畅提供了保障.

由于列车环境的特殊性, 目前已有的针对 GSM 公网的电磁环境测量系统无法充分满足 GSM-R 电磁环境检测的需要, 针对 GSM-R 的电磁环境进行分析评估的系统更是极为缺乏. 为了解决这一问题, 满足对高铁沿线 GSM-R 电磁环境测试的需要, 我们开发了 GSM-R 电磁环境实时检测系统.

1 GSM-R 电磁环境检测原理

本系统主要分为两个功能点: 一个是实时检测, 另一个是数据分析处理. 该系统是安装在试验车上, 当试验车以 250 km/h 速度运行时, 连续地从数据采集设备获得铁路沿线的电磁环境原始数据, 并通过设置

^① 基金项目:北京市属高等学校科学技术与研究生教育创新工程建设项目(PXM2012_014213_000037;PXM2012_014213_000079)

收稿时间:2012-11-02;收到修改稿时间:2012-12-18

修正因子、阈值检测等方法对原始数据进行实时的修正处理,将采集到的数据以曲线、图像方式进行显示和存储,并在后期对电磁环境的质量进行分析、评估,获得电磁环境评价。

1.1 系统构成

针对 GSM-R 电磁环境进行检测,系统需要有以下硬件设备:外置天线、测试接收机,网线、便携式 GPS 接收机,配套设施(电源、天线支架等)。

本系统中,测试接收机采用的是 R&S 公司的 ESPI7 型测试接收机,由德国 Rohde&Schwarz 公司生产,其可测量 9kHz~7GHz 范围内的频谱^[2]。该设备主要用来采集 GSM-R 频段的电磁环境数据,并且支持计算机通过网卡接口(RJ-45)接口对其进行远程控制;GPS 接收机主要用来获得被测站点的地理信息,以达到使获得的电磁环境信息和位置、距离坐标一一对应的目的^[3]。天线的标准为:GSM-R 频段天线的频率范围:860MHz~960MHz;天线类型:全向天线;增益:3dBi;馈线:损耗 3dB。系统总体功能结构图如图 1 所示。

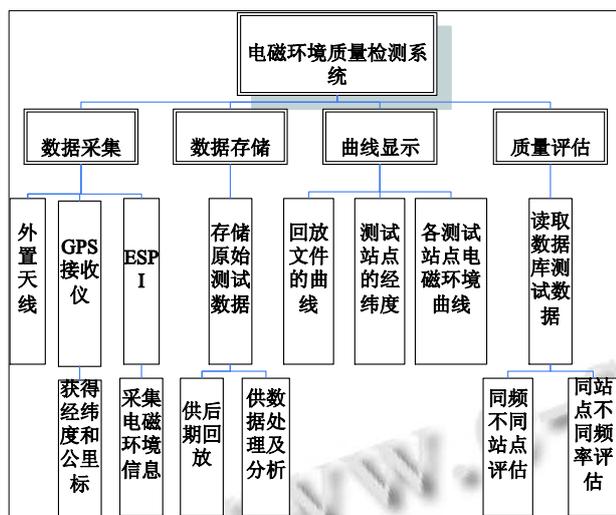


图 1 系统总体功能结构图

1.2 接口控制设计

该检测系统的设计由硬件和软件之间的通信是通过接口进行的。ESPI 可以使用轮轴脉冲触发,也可以使用时间触发的方式进行测试,在实际的工程测试中,测试人员主要采用 GPS 距离触发和时间触发结合的方式,根据地形的限制性做出相应的选择。本系统设计中涉及 ESPI、GPS 两种仪器设备与 PC 机之间的接口通信问题,其中 ESPI 通过 RSIB 接口接收控制人员的

操作命令,达到远程控制的目的^[4,5];

例如,ESPI 接到控制人员的处理命令时,仪器在网络中得到控制,在远程控制的过程中,前板操作无效,仪器会一直处于远程控制的状态,直到我们通过前板或者控制界面复位到人工控制阶段。这里我们通过运用 ESPI 中的 INST 子系统命令实现对仪器的控制。部分关键程序如下:

```
if (espi_handle!=-1)
{
RSDLLibwrtd(espi_handle,
"INST:SEL REC",
&ibsta,&iberr,&ibcntl);
return espi_handle;
}
```

2 基于站点及频率的数据处理算法

对于 ESPI 采集到的电磁环境信息,我们从以下站点和频率两个层面进行数据处理及分析。这样,可以对不同频段、不同站点的电磁环境进行分类、等级评估,形成电磁环境检测报告。

对某一站点的测量数据,绘制二维图,可以直观观察出各站点各频段的受干扰情况^[6]。

基于站点的评估算法实现的基本步骤如下:

Step1 对于某一站点,读取其 GSM-R 上下行频段的电磁环境检测后的数据,将其存入 2 个数组中,即频率 $f[i]$ 和功率 $P[i]$ 。

Step2 对数组 $P[i]$ 进行遍历,如果 $P[i]>$ 门限值 T ,就将 $P[i]$ 存到数组 $Q[m]$ 中,并存储对应的频率到数组 $T[m]$ 中。

Step3 遍历完毕后,将 $Q[m]$ 和 $T[m]$ 一一对应,画出 Q-T 曲线。

由此我们可以得出在某站点受到干扰的频率相对应的干扰信号功率值。

类似地,对于同一频率不同站点的干扰,我们采用以下算法进行处理分析;

step1. 读取被测路段中选定频率 $f[j]$ 的电磁环境检测后的数据,将其存在 2 个数组中,即站点编号 $S[i]$ 和功率 $P[i]$ 。

step2. 对数组 $P[i]$ 进行遍历,如果 $P[i]>$ 门限值 T ,就将 $P[i]$ 存到数组 $Q[m]$ 中,并存储对应的站点编号到数组 $B[m]$ 中。

Step3. 遍历完毕后, 将 $Q[m]$ 和 $B[m]$ 一一对应, 画出 Q-B 曲线.

由此我们可以得出在某频段受到干扰的站点相对应的干扰信号功率值.

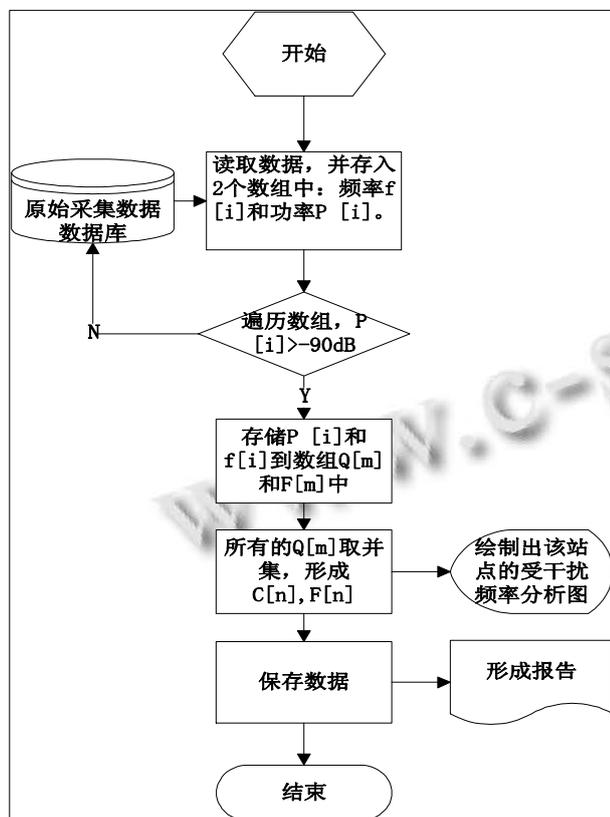


图 2 基于站点的数据处理流程

3 检测系统设计与实现

根据测试要求, 我们将软件划分为四个功能模块: 数据采集模块, 数据处理, 曲线显示模块, 数据存储模块.

数据采集模块是整个系统的重点模块, 涉及到计算机接口控制和设备通信两个主要方面. 本模块主要通过计算机向测试设备 ESPI 和 GPS 发送测试命令, 进而建立通信连接. 在此过程中系统完成对 GPS、ESPI 的初始化设置, 显示出设备的当前状态. 在软件设计时, 我们调用 ESPI 和 GPS 随机软件包中提供的 RSIB32.DLL 和 GPS.DLL 动态链接库文件^[7], 来分别实现计算机 LAN 接口和 ESPI 之间、计算机的 USB2.0 接口和 GPS 接收仪之间的通信. ESPI 和外置天线用来获取各站点在设定频段 885 ~889 MHz (上行)、930 ~ 934MHz (下行) 的电磁干扰频谱图, GPS 用来获取各站

点的地理信息(公里标, 海拔等). 当系统进行数据采集时, 以 excel 文件格式导入采集的数据项, 包含公里标、频率、湿度、温度、干扰强度, 其中采集频率随着站点的变化而改变^[8].

数据存储模块主要用于存储实时采集到的站点信息和频谱图, 以及后期处理过的信息, 以便测试完成后进行文件回放和统计分析, 形成测试报告.

在数据处理模块中, 系统通过对原始采集数据进行阈值筛选处理, 筛选出最大功率大于 -90dB 的信号频率及站点^[9], 以备后期数据分析; 同时, 该模块还针对由于地形、天气等造成的 GPS 野值、干扰信号异常数据进行处理, 按比例剔除或者使用修正因子来修正.

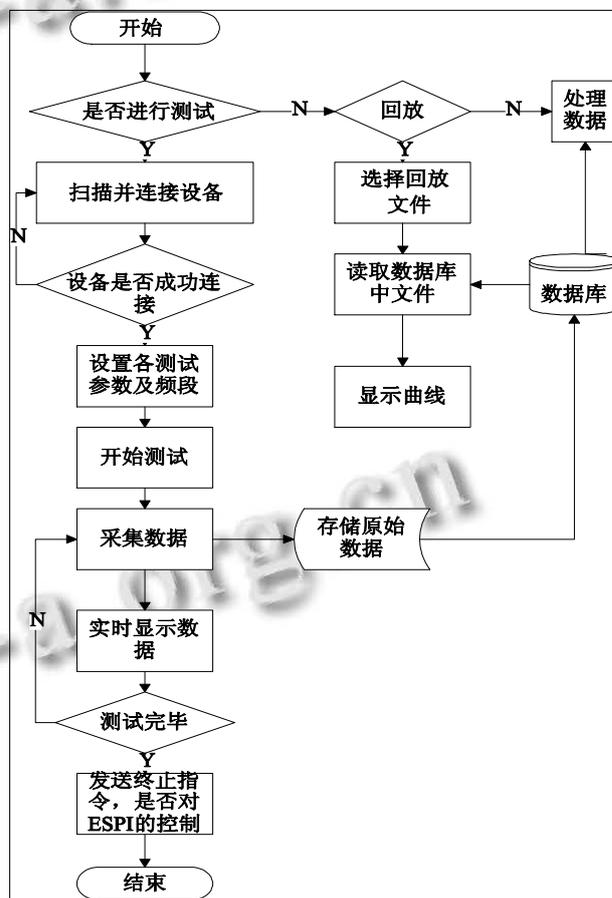


图 3 系统运行流程图

曲线显示模块主要用于动态显示 ESPI 所采集到的频谱图以及当前的地理信息, 便于测试人员观测到当前地点的电磁环境情况, 一旦出现超过正常数据的情况, 可以将数据及地理信息记录下来, 以便后期进行处理. 测试系统运行流程图如上图 3 所示.

4 系统测试与结果分析

GSM-R 电磁环境测试是在 GSM-R 处于关闭状态的情况下,对铁路沿线各测试站点 GSM-R 上下行频段(即 930MHz-934MHz/885 MHz-889MHz 频段)进行扫描^[10],检波方式选用峰值检波,同时采用最大保持和平均值的方式测试,查看两条 trace 曲线情况,以判断 GSM-R 所用频点是否收到外部干扰,并利用 GPS 定位找出干扰站点.为了做到全面性的测试,这里系统选择分辨率带宽 RBW 为 30kHz.由于 VBW / RBW 为 3:1 时,系统能得到最准确的频谱显示和测量结果,所以我们选视频带宽 VBW 为 10kHz.

表 1 为某受干扰站点电磁环境情况,图 4 为该铁

路某站点的干扰情况图.

表 1 某受干扰站点 A 电磁环境测试结果

序号	温度 (摄氏度)	湿度 (%RH)	经纬 度	受扰频点 (HZ)	干扰强度 (dB)
17	23	17	30 ° 4148. 5" N 114 ° 29.4 " E	930.4MHz	-86dBm
				930.6MHz	-60dBm
				931.0MHz	-82dBm
				931.2MHz	-87dBm
				931.6MHz	-72dBm

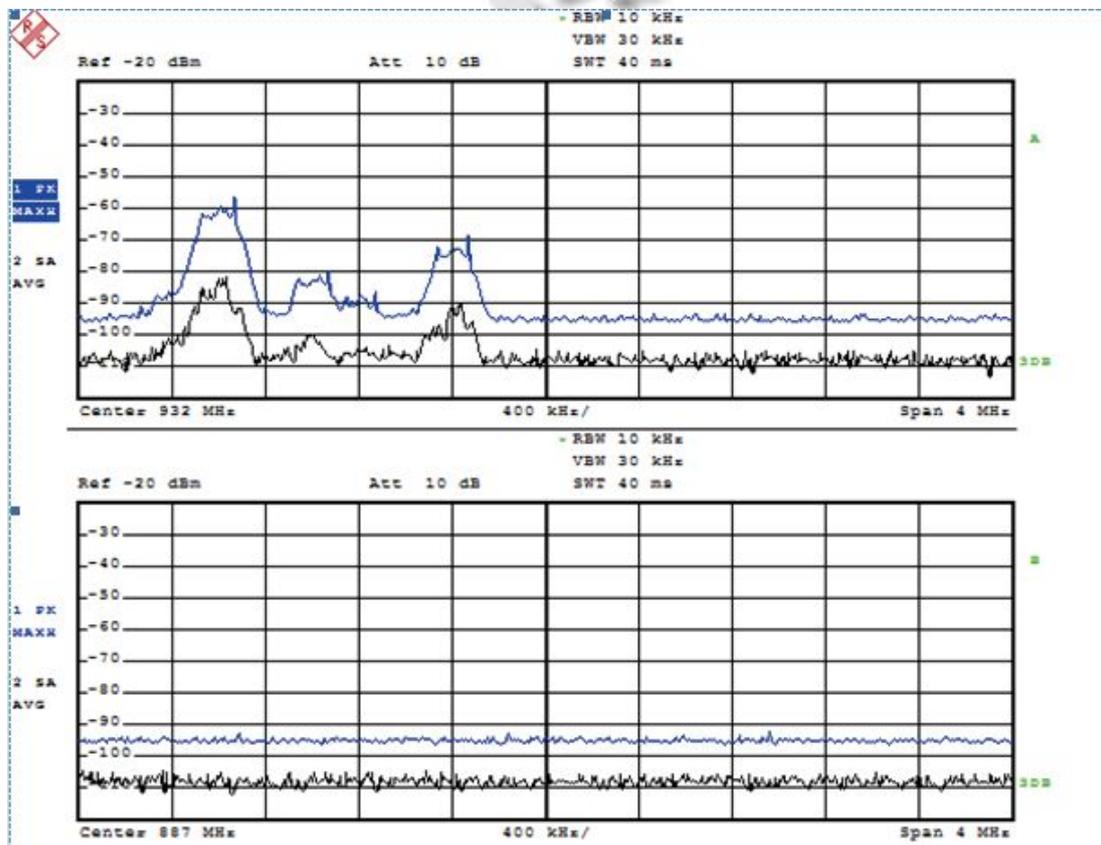


图 4 站点 17 的干扰频谱图

本次测试中,某高铁线设置 GSM-R 基站及直放站 84 处(基站 73 处,直放站 11 处),其中正线 79 处,某枢纽 5 处.经过对某高铁沿线的电磁环境进行测试,我们发现 20 处站点的 GSM-R 频段有信号,其中正线 15 处,某枢纽 5 处.

由测试结果表 1 及图 4 可知,站点 17 中有 5 个频点

收到干扰,其中,频率为 930.6MHz 时,受干扰最为严重.

5 结论

高铁沿线 GSM-R 电磁环境实时检测系统对高铁沿线各站点的 GSM-R 频段的相关信息的实时采集、存

(下转第 80 页)

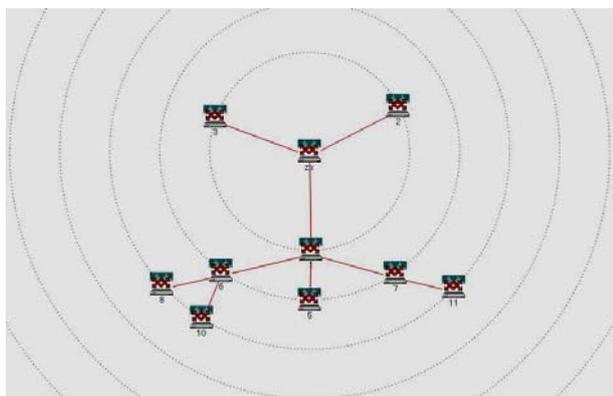


图 7 网络拓扑图

4 结论

本文采用基于 SNMP 和 ICMP 协议的网络设备发现方法, 运用 Delphi 编程工具和极坐标算法模型实现中心辐射层次式网络拓扑的绘图效果, 实现了网络关键设备工作状态的实时动态显示、关键设备故障报警等功能, 为网络故障快速排除提供了重要的手段, 提高了网络运行的可靠性。

(上接第 47 页)

储、处理, 并根据测试结果分析出被测路段 GSM-R 电磁环境中受到明显干扰的站点及频段, 并能在测试结束时进行回放, 以 excel 和位图形式输出测试结果, 便于测试人员形成报告, 提供给相关部门, 作为清频的重要依据。这对相关人员维护高速铁路沿线的电波秩序、科学规划和利用无线电频谱资源有着极其重要的作用, 也为进一步的 GSM-R 网络优化提供了依据。

参考文献

- 1 刘卓,刘宏志,林木.物联网在 GSM-R 电磁环境测试中的应用研究.计算机测量与控制,2012,20(8):2034-2038.
- 2 薄璐,刘宏志,董春生,等.GSM-R 场强数据的实时采集处理与远程监控研究.现代电子技术,2010(23):161-164.
- 3 李航,刘宏志.基于 ESPI 的 GSM-R 场强数据采集系统的设计与实现.北京工商大学学报(自然科学版),2009,27(3):51-55.

参考文献

- 1 彭建,朱萍,傅明.一种基于 SNMP 协议的网络拓扑发现改进算法.计算机科学与工程,2009,(4):18-20.
- 2 段祺,靖朝鹏,蔡皖东,赵涛.一种基于数据聚合的网络拓扑推测算法.计算机仿真,2011,(1):131-135.
- 3 王志刚,王汝传,王绍棣,等.网络拓扑发现算法的研究.通信学报,2004,25(8):36-43.
- 4 Breitbart Y, Garofalakis M, Martin C. Topology Discovery in Heterogeneous IP Networks. Proc of IEEE INFOCOM00. 2000: 265-274.
- 5 万成威.一种快速的链路状态估计算法.信息工程大学学报,2011,(4):414-417.
- 6 乔宏,张大方,曾彬,等.基于改进 Double Tree 算法的网络拓扑发现方法.计算机工程与科学,2010,32(4):18-21.
- 7 粟倩,刘婷.远程网络拓扑扫描算法的研究.网络安全技术与应用,2008,(9):86-88.
- 8 杨柳,李振宇,张大方,等.冗余最小化的 Ipv6 拓扑发现方法.计算机研究与发展,2007,44(6):939-946.

- 4 Liu HZ, Bo L. Research on The Visualization of GSM-R Field Strength Testing Data. 2010 the 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (IEEE ICCSIT 2010). 2010: 595-600.
- 5 刘宏志,林木,马家志.车载式 GSM-R 场强测试系统的研究.微计算机信息(测控自动化),2007,15:115-117.
- 6 李高升,胡昆明,蔡震,刘培国.基于测量数据的电磁环境分析软件开发.无线电工程,2012,42(3):51-64.
- 7 基于 Truetime 的 GSM-R 场强测试系统网络性能研究.计算机测量与控制,2012,20(6):1613-1618.
- 8 林京平等.电磁兼容国家标准汇编.北京:中国标准出版社,1996.
- 9 中华人民共和国铁道部.铁路 GSM-R 数字移动通信工程设计暂行规定,2005.
- 10 高晨亮,朱刚,钟章队,等.GSM-R 电磁干扰及测试问题研究.铁道通信信号,2007,43(10):50-55.