

文章编号：1005-8451（2013）03-0049-04

基于DMR的站场无线通信频率分配方案研究

赵哲，叶晞

（北京交通大学 电子信息工程学院，北京 100044）

摘要：数字移动无线电（Digital Mobile Radio, DMR）标准作为铁路新一代数字移动通信标准，应用于铁路平面调车无线通信业务，解决了模拟常规通信方式的很多弊端。本文分析了调车业务的频率要求，提出调车无线通信的频率分配方案，并给出用计算机软件自动分配的解决方案。

关键词：数字移动无线电；平面调车；无线通信；频率分配

中图分类号：U285.2 **文献标识码：**A

Research and analysis on scheme of frequency allocation for wireless communication in marshaling yard based on DMR

ZHAO Zhe, YE Xi

（School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China）

Abstract: As the standard of new generation digital mobile communication, DMR(Digital Mobile Radio) was applied to wireless communication business used for railway flat shunting, and solved many problems of traditional analog wireless communication system. This paper analyzed the frequency requirements for shunting business, and then proposed the scheme of frequency allocation in wireless communication system used for flat shunting with computer software.

Key words: digital mobile radio (DMR); flat shunting; wireless communication; frequency allocation

铁路站场无线通信包括：平面调车、驼峰调车、车号、商检、货运、列检、行包和客运等系统的无线通信。其中，平面调车无线通信是站场无线通信中一项非常重要的业务。平面调车是在平面牵出线上进行的调车作业，其任务的完成是通过调车长和调车员等作业人员之间的语音和数据通信（调车指令和调单数据等）来实现。调车作业对无线通信的安全性要求比较高，这就要求各无线通信信道之间没有相互干扰。站场通信的无线信道，是由铁道部指定的一组频点，将其合理地分配给各个编组站进行安全作业。

目前，平面调车无线通信采用的是模拟的常规对讲方式，存在频率利用率低、语音和数据不能同传、站场内各系统间干扰严重等问题。DMR系统是多信道时分多址（Time Division Multiple Access, TDMA）数字移动通信系统，作为铁路站场新一代数字移动通信系统，相比模拟常规通信系统具有多种优点，已被率先确定应用于铁路调车无线通信业务。

收稿日期：2012-08-16

作者简介：赵哲，在读硕士研究生；叶晞，副教授。

因此，经过分析站场无线通信的业务需求以及基于DMR无线通信方式的特点，在充分利用频率资源解决好调车频率的优化利用，减少同频干扰及互调干扰的基础上，本文提出了站场无线通信频率的解决方案，并通过计算机实现站场无线通信频率的自动分配。

1 站场无线通信业务需求

铁路平面调车无线通信业务需求分为：

(1) 话音通信：站场内每个调车机车的相关成员组成一个调车作业组，该调车组成员之间的话音通信包括点对点呼叫、个别呼叫以及组呼、紧急呼叫。

(2) 调车指令数据通信：包括启动、推进、减速、停车、十车、五车、三车、连结、溜放、紧急停车等调车机车信号。该类信息数据量小，但对实时性、安全性要求比较高，端到端延时应小于 500 ms。

(3) 调车作业单信息传输：数据量较大，一般为 500 bit~2000 bit，但该类信息对实时性要求

不高。

2 DMR通信方式的优点

DMR 数字通信方式采用 TDMA 方式，通话数据能同传，解决了调车通话时信令强插的问题。DMR 可使单个 12.5 kHz 信道支持两个同步通话或独立通话。在 DMR 标准中，时分多址（TDMA）方式可保留 12.5 kHz 带宽并将其分为两个交替的时隙。每个时隙具有等同的带宽 6.25 kHz 并且可以作为独立的通信信道运行，原信道的配置与模拟信号 12.5 kHz 的配置仍可保持相同。这就表示 DMR 可以完全兼容现有的频点，所以就无需重新购买或重新配置频点，同时还可将 12.5 kHz 的信道带宽容量扩增一倍。

TDMA 系统中，如果第 1 个时隙传输语音数据，则第 2 个时隙可用于传输应用程序数据，例如：文本信息等数据，同时还能进行语音数据传输，这对于当前平面调车无线通信系统的业务功能至关重要。双时隙 TDMA 制式应用程序的发展方向包括结合两个时隙以使数据传输速率加倍，或同时使用两个时隙以便启用全双工通话。

DMR 数字技术可更好地抑制噪音，尤其是在覆盖范围的边缘，拥有比模拟技术更优质的语音质量，这些优点均得益于窄带编解码器的应用以及数字纠错技术。数字处理可过滤噪音并从降级的发射中重新构造信号，因此可使用户的通话更加清晰；DMR 扩大了无线通信的有效覆盖范围，因此用户可以灵活地处理现场情况。

3 站场无线通信干扰分析

3.1 互调干扰

站场无线通信在一个相对狭窄的地域，由十几个通信组在同时使用所分配的频率，不可避免地存在频率间的互调干扰，而在所有互调干扰中，三阶互调干扰尤为突出如图 1 所示。

所谓三阶互调是指当两个信号在一个线性系统中，由于非线性因素存在，使得一个信号（F1）的二次谐波与另一个信号（F2）的基波产生差拍（混频）后所产生的寄生信号（ $2F_1-F_2$ ）。如果这个寄生频率与正在使用的某个频率（F3）吻合，

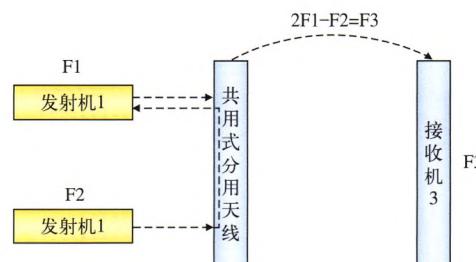


图1 三阶互调干扰示意图

则会对该频率造成干扰。举例说明：所用站场无线通信频率 $F_1=418.55 \text{ MHz}$, $F_2=418.5375 \text{ MHz}$, $F_3=418.5625 \text{ MHz}$, 则 $2 \times 418.55 \text{ MHz} - 418.5375 \text{ MHz} = 418.5625 \text{ MHz}$, 即为 $2 \times F_1 - F_2 = F_3$, F_1 、 F_2 和 F_3 之间产生了三阶互调干扰，如图 2 所示。

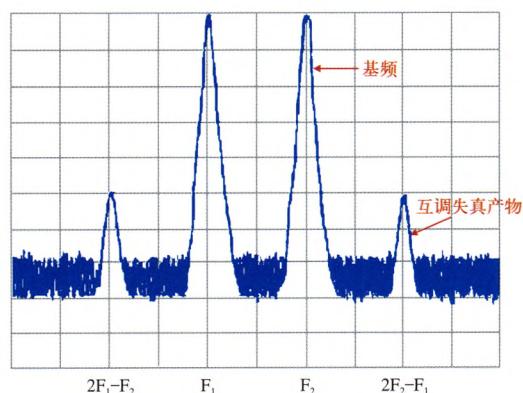


图2 三阶互调干扰产物

3.2 同频干扰

枢纽地区有十几个甚至几十个站场通信系统，距离在几公里到十几公里不等，在通信条件良好的情况下会产生同频互相干扰，即相同的频率在进行距离复用时，可能造成接收干扰，如图 3 所示，因此根据距离远近优选频率显得尤为重要。

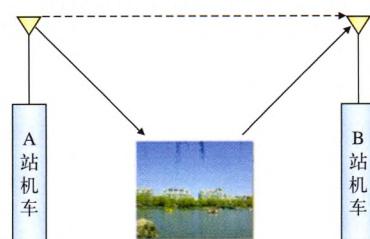


图3 三系统内的同频干扰示意图

4 频率分配方案及数学模型建立

在铁路系统中专用的频率有 16 对双工频率和

16个单工频率，将16对双工频率拆成32个单工频率使用，因此选用频率集共含48个频率。所设计分配方案如图4所示。

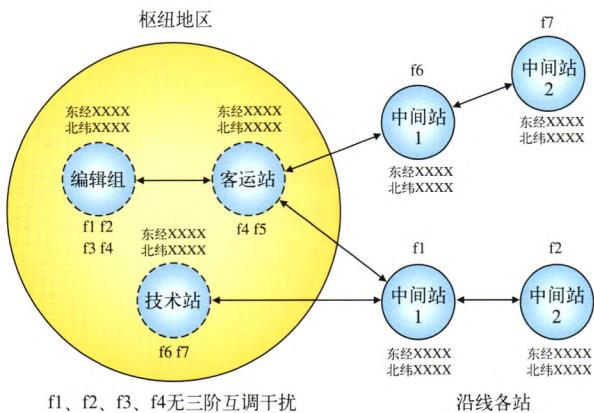


图4 频率自动分配方案示意图

设计模型：

- (1) 从48个频率中，选出n个，在满足一定条件时使这n个频率之间无三阶互调干扰。
- (2) 一个枢纽地区有m个通信组，有L个枢纽站或中间站，一个通信组占用一个频率，频率集合为n。
- (3) 其中枢纽站或中间站的数量可选，并且每个枢纽站所包含的通信组的数量可选。
- (4) 当两个枢纽站距离大于20 km时，频率可以复用（距离复用，即频率可以再次使用且不用考虑三阶互调干扰）。
- (5) 当两个枢纽站距离小于20 km时，频率不可以复用，且在20 km内所有通信组选用的频率必须满足无三阶互调干扰的条件。

5 软件解决方案

5.1 频率间无三阶互调，有2种类型

- (1) 三阶一型： $2f_1-f_2=f_3$
- (2) 三阶二型： $f_4+f_5-f_6=f_7$

要想实现无三阶互调干扰，则要确保 f_3 、 f_7 不能为选出的频率。

5.2 复用问题

同频干扰：为解决同频干扰问题，考虑到无线信号强度随距离的衰减效应，所以采用距离复用的方法，暂定20 km为复用界。

临频干扰：在此模型下的临频干扰，即为三阶互调干扰。解决临频干扰，就是要优选频率。

5.3 枢纽站间的距离

枢纽站间的距离由GPS坐标计算得出，即知道各个枢纽站的经纬度坐标，计算出他们之间的距离，通过距离来考虑复用问题。

设计软件界面如图5所示。

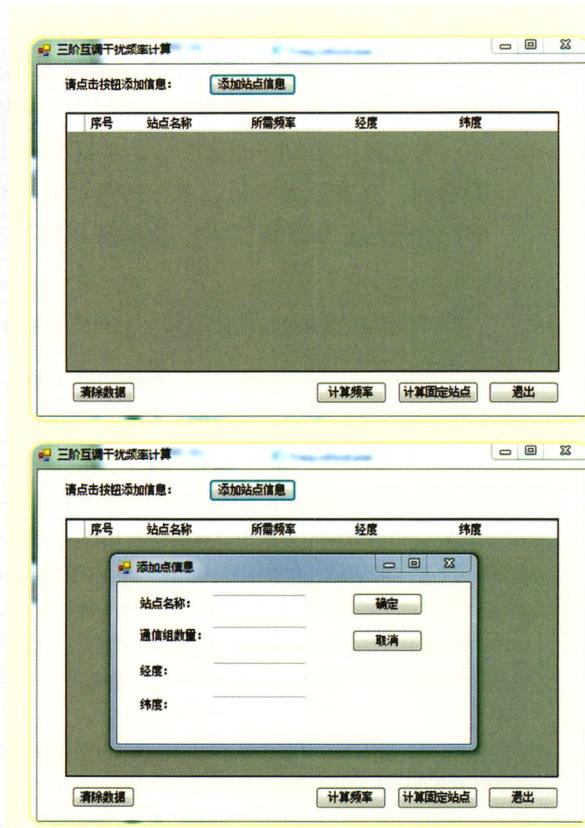


图5 设计软件界面示意图

软件的流程图如图6所示。

通过计算机自动分配，准确无误的计算出了各个通信组所需的无线调车电台频率，相比以前手工作业分配更加快速、准确、无干扰，实现了无三阶互调干扰频率的快速布置。

6 结束语

综上所述，我国铁路通信的特点决定了平面调车无线通信解决方案的独特性和先进性。平面调车无线通信与铁路运输调度安全密切相关，同时也是我国编组站无线通信中需要重点解决的难题。我国平面调车无线通信业务由模拟制式向DMR等数字通信方式的过渡方案，需以满足铁

(下转 P55)

运行期间车载系统的各项状态。

仿真结果表明：车载 ATP 仿真系统软件实现了对列车各项功能的监督功能，对列车进行了安全防护，达到预期效果。本原理样机只是简单地实现了 ATP 系统中的基本功能，更加复杂的防护功能还有待进一步优化和调试。

参考文献：

- [1] 王黎 . CTCS3 级列控系统车载子系统仿真研究 [D]. 成都：西南交通大学，2009.
- [2] 宋岩 . 管轨运输车载运行控制系统原理样机设计与实现 [D]. 北京：北京交通大学，2009.

- [3] 郭宁，郭进 . 列车运行控制仿真系统（二）ATP 列车超速防护仿真研究 [J]. 铁道通信信号，2008, 44 (4) : 13-16.
- [4] 阳光武，肖宇讷，张卫华 . 列车曲线上制动时的安全性分析 [J]. 铁道学报，2009, 31 (1) : 36-39.
- [5] 李伟 . CTCS-3 级列控系统车载设备测试平台关键问题研究 [D]. 北京：北京交通大学，2009.
- [6] IEEE Std 1474.1-1999. IEEE Standard for Communications-Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements[S]. 1999.

责任编辑 徐侃春

(上接 P51)

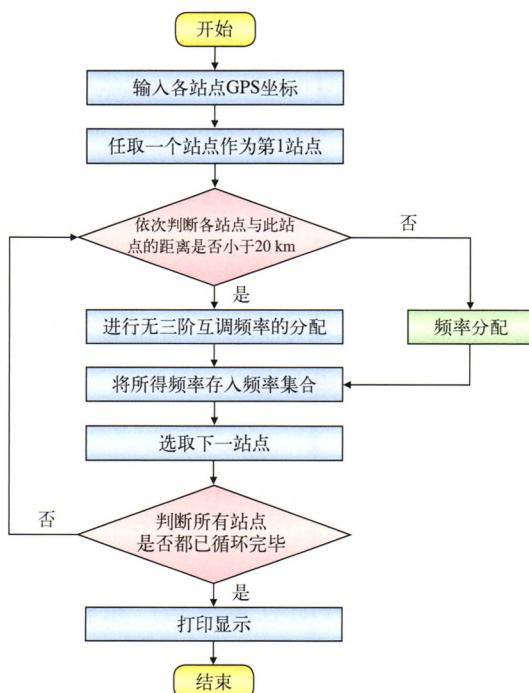


图6 软件设计流程示意图

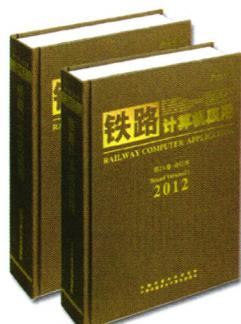
路运输生产实际要求为前提，综合考虑经济因素和长期发展等因素来确定实施，且应经过现场实验验证。基于以上几点，经过多次现场试验论证，最终确定并实现了合理的频率分配方案。

参考文献：

- [1] ShiBo. Research and Analysis on technical solution of GSM-R wireless communication for flat shunting [J]. Railway communication and signal ,2008(5):3-5.
- [2] 王琦 . 无线调车灯显设备从模拟向数字方式过渡的探讨 [J]. 铁路运输与经济，2010 (7) : 87-89.
- [3] 周峻颖，张祖荫 . 移动通信中无三阶互调的实时频率分配算法及实现方案 [J]. 舰船电子工程 ,2002 (6) : 47-50.
- [4] 贺娟妮，宋宇博，程媛媛 . GIS 在调车作用监控中的应用研究 [J]. 兰州交通大学学报，2008 (1) : 114-116.
- [5] 耿肇英，赵建利，耿焱 . C# 应用程序设计教程 [M]. 北京：人民邮电出版社，2009.

责任编辑 徐侃春

《铁路计算机应用》2012年合订本（限量版）出版发行



合订本为大16开本，全彩印刷，每册定价 **160** 元。



限量发行200套，从速订阅。

凡在 2013 年 1 月至 6 月订购 2012 和 2013 年合订本各 1 册的读者，将特别赠送本刊创刊 20 周年（1992.6—2012.7）全部文献光盘 1 套（价值 280 元）。

订购热线：010-51849236
E-mail: bjb@rails.cn