

无线电通信频谱管理模型研究

李 铁, 刘维国, 李 锐

(海军 91550 部队, 大连 116023)

摘要:分析了无线电系统内部干扰及系统间的电磁干扰, 提出了基于频率、时间和地理区域三维空间的频率规划方法, 论述了实现频谱管理的 6 个基本要素, 给出了基于电磁兼容性的一种频谱管理模型。

关键词:无线电通信; 频谱管理; 电磁干扰

中图分类号: TN 975

文献标识码: A

文章编号: CN 32-1413(2005) 05-0027-04

Study on The Frequency Spectrum Management Model of Radio Communication Systems

LI Tie, LI U Wei guo, LI Rui

(Unit 91550 of Navy, Dalian 116023, China)

Abstract: This paper analyzes the electro-magnetic interference inside the radio system and among the systems, puts forward the means of frequency planning in three dimensional air-space of the frequency, time and area, discusses six basic elements of frequency spectrum management, gives a kind of frequency spectrum management model based on EMC.

Key words: radio communication frequency spectrum management; electro-magnetic interference

0 引 言

无线电频谱是一种宝贵的资源, 需要有计划、科学地管理, 以达到最高的利用率。近年来, 随着无线电通信业务的迅速发展, 投入使用的电台日益增多, 一方面频率资源拥挤, 难以满足日益增长的通信业务的需要; 另一方面, 现有频点的利用率极低, 而且通信网之间存在严重的干扰, 外界噪声和干扰等因素使得现有通信网和通信质量严重恶化。另外, 还有许多网、通信设备布局不合理, 频率、功率、天线高度等参数选择不当, 使得各种干扰更加严重。频谱管理一直是国内外研究的重要课题之一。

1 无线电系统电磁干扰分析

电磁能的无意辐射和无用的系统响应, 是目

前用电信号传输信息的主要限制因素, 图 1 中所示为一个两系统(用数字 1 和数字 2 表示)的简单情况, 这些系统产生有意和无意的辐射以及有用和无用的响应, 它们都是干扰的潜在来源, 可以区分为 4 种干扰:

(1) 由系统 1 所产生并影响系统 1 的干扰(P_{11})(内部干扰形成噪声)。

(2) 类似 1 的干扰, 但与系统 2 相关(P_{22})。

(3) 由系统 1 的无意辐射和系统 2 无用影响的结果而产生的干扰(P_{12}), 即由系统 1 对系统 2 的干扰。

(4) 类似 (3) 的干扰, 但情况倒过来, 即由系统 2 干扰系统 1。

若以系统 1 表示舰艇通信系统, 系统 2 表示雷达等其他电子系统, 那么我们在研究通信系统干扰时, 除研究本系统内部干扰, 同时还要研究

其他系统对通信系统的干扰。

2 无线电通信频率规划

无线电通信频率规划要在各种数据支持下,针对全部设备,计算出各种型号设备组成的网络数等。规划之前将所有型号设备的可使用频率作为频率资源,扣除保护频率、上级已使用频率及强干扰频率后得到供规划使用的频率资源。频谱规划首先按工作种类不同确定出优先级,对级别高的网优先分给频率,保证主要通信线路优先占用频率。频率分配按照可以使用的频道数与组成网络使用频率总和的比值小先分频率的原则遂行分配。可使用的频道数是指设备频段内除去所需扣除的频率,其他网络占用频带和剩下的频道数。因而对可使用的频道数越少且组网数越多的机型设备优先分给频率。

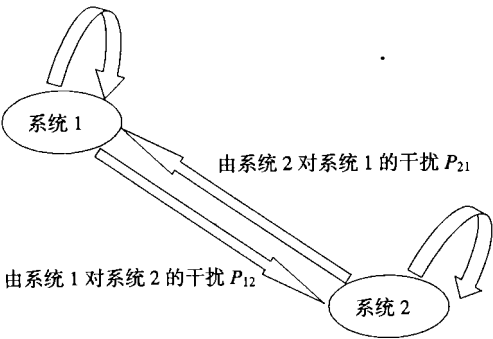


图 1 无线电通信干扰系统模型

在规划频率时可采用三维空间的概念,以提高频率利用率。三维空间指的是频率、时间和地理区域,如图 2 所示。

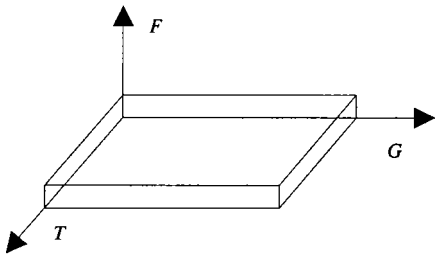


图 2 频率规划三维空间图

不同频率可以传送不同信息,提高频率可以容纳更多的业务无干扰地工作。在同一地区内多种电台可以使用相同频率工作于不同的时间,即分时操作。只要地理间隔足够,可以使用相同的频率,也就是可以重新指配频率。这种手段一

直被认为是有效的,可使频谱得到充分利用。利用三维空间概念可以达到有效的频谱利用。因此,对频谱的利用进行下述定义:

$$U = B \cdot S \cdot T \tag{1}$$

式中: B 为占用的带宽; S 为使用的地理区域; T 为占用频谱的时间。

应当指出上述频谱利用定义只描述了频谱的带宽被使用的情况,至于使用的效率应当是取所传送的信息与 U 的比值,这种确切的度量方法和单位需进一步认真研究确认。

3 频谱管理的基本要素

频谱管理的基本任务是对现有频谱资源进行合理分配,以达到较高的利用率。要科学地进行频谱管理。电磁兼容性(EMC)分析是其基础。进行 EMC 分析,各种数据库和数学模型是必不可少的。

3.1 EMC 分析中的干扰问题

事实上,在无线电通信中存在着各种干扰,如同道干扰、邻道干扰、互调干扰等,在频率指配实现“无干扰指配”是不现实的。很多人有一种误解,认为频率指配应是无干扰指配,如无三阶互调指配等。其主要原因是对于干扰没有进行定量分析。无线电通信中的 EMC 主要是分析干扰问题,那么对干扰的定量就显得非常重要,可以说它是 EMC 分析的基础。

各种干扰的机理和程度各不相同,按照 CCI R 的定义,干扰为:“在通信系统中无用信号作用于接收机,造成无干扰信号时不存在的某些特性,如信息丢失,通信性能恶化等”。舰艇移动通信具有时间、空间、频率三维特性。有的文献提出用干扰面积来衡量干扰的大小,这无疑是很 有意义的,但也有其局限性,它未能体现出通信中的时间特性。根据 CCI R 的定义:

- 事件 A :有用信号发射机正在发射有信号;
- 事件 B :不存在干扰时,接收有用信号;
- 事件 C :干扰设备在发射无用信号;
- 事件 D :存在干扰时,接收机正确接收有用信号。

经推导,得:

$$P(I) = [P(B/A) - P(D/AC)P(C/A)] \tag{2}$$

对于双工移动通信系统,主要干扰模式为固

定台对移动台的干扰。每个干扰源周围都有一个或大或小的干扰区。由于移动台处于移动之中, $P(I)$ 的精确计算是非常困难的,为了简化处理,根据实际情况,我们作如下较保守的假定:

- (1) 各干扰源引起的干扰区互不重叠;
- (2) 各干扰源相互独立;
- (3) 无干扰情况下,接收机正确接收有用信号的概率为 I 。

经推导,得:

$$P(I) = (1/S_0) \sum_{i=1}^m S_i P_i \tag{3}$$

式中: S_0 为通信服务区面积; S_i 为第 I 个干扰源引起的干扰面积; P_i 为第 I 个干扰源的工作概率; m 为干扰源的个数。

3.2 EMC 分析频率间隔设置准则

频率间隔设置准则:在收发信机给定时,设发射机发射频率为 f_t ,接收机接收频率为 f_r , $IM(f_t, f_r) < 0$,则满足兼容状态的收发频率最小间隔为 $\delta f_{min} = |f_t - f_r|_{min}$ 。因此,再进行组网频率选择时,应遵循该原则来进行网络频率收发间隔的设定。

3.3 频谱管理的地域模式

频谱管理的地域模式排列,可用具有规则几何图形的格子模型来近似地表示。格子模型 M 表示相邻台间最近的距离;配位距离 d_c 表示共频道台间的最短距离。

该规则在具有兼容性的频率重复使用的频谱管理中指导频率分配。

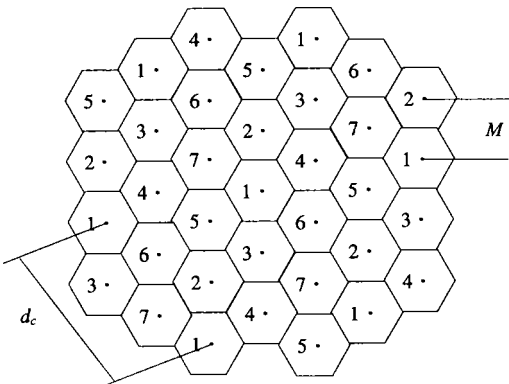


图 3 频谱管理地域格子模型

3.4 工程计算的数学模型

EMC 分析中所需的工程模型包括各种干扰

模型、场强预测模型、电波传播模型和发射机模型。对场强预测模型很多文献都有详细介绍。对干扰模型大部分文献都讨论点-点通信干扰模式,这对舰艇移动通信系统来说是不够的。我们认为干扰模型应以分析干扰概率为基础。在舰艇移动通信中,可以根据点-点通信干扰模型、通信质量要求及通信环境(衰落恶化量等)算出其干扰半径,然后根据式(3)计算出其干扰概率。

3.5 频谱管理中的数据库系统

频谱管理需要以大量的数据库作为基础,包括地形地物数据库、台站数据库、设备性能数据库、环境数据库等。其特点是这些数据库具有工程型和事物型相结合的特点,且以工程型为主,兼顾工程计算和事物管理两方面的需求。

3.6 频谱管理中的软件需求

频谱管理中需要的软件包括:电波传播预测软件,电磁干扰预测软件,电磁兼容评估软件,频谱规划指配软件,电磁环境监测处理软件和动态频率调整软件。

4 频谱管理系统基本模型

建立在 EMC 基础模型上的频谱管理是一项非常复杂的系统工程。由于应用需求的多样性,基于功能的设计方法所建立的模型难以满足实际要求。如何使系统结构稳定、易扩充、适应性强、生命周期长是系统成败的关键。图 4 是一典型频谱管理系统模型,在充分分析了台站数据库、环境数据库、设备性能数据库、地形地物数据库和进行同道干扰、邻道干扰、互调干扰、边带噪声干扰、阻塞干扰等计算后,实现频点指配、频率协调、干扰分析等功能。

5 结束语

随着无线电通信业务的迅速发展,频率资源拥挤,现有频点的利用率极低,通信网之间存在严重的干扰,外界噪声和干扰等因素又使现有通信网和通信质量严重恶化。本文提出了基于频率、时间和地理区域三维空间的频率规划的方法,并给出了一种基于 EMC 的频谱管理模型。按照该模型进行频率规划设计,对于搞好无线电通信意义重大。

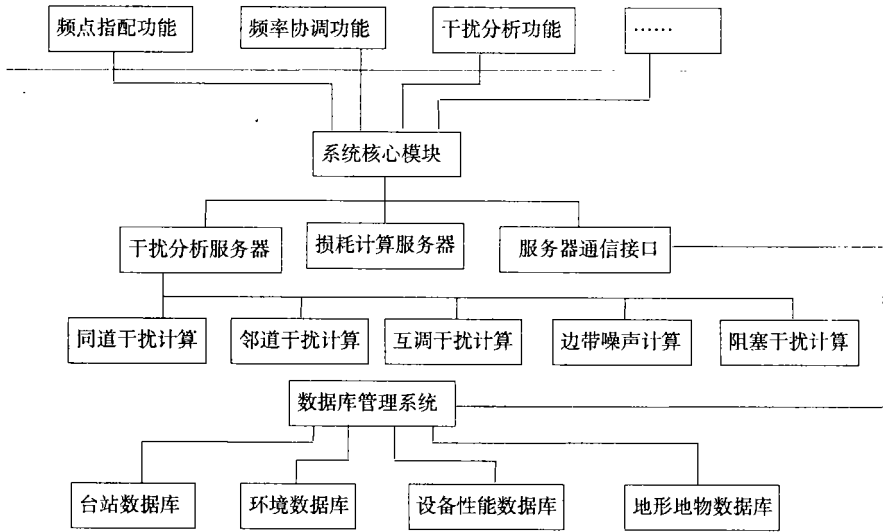


图 4 频谱管理系统模型图

参考文献

[1] 张亦明. 移动通信系统发射机互调干扰数学模型

[J]·通信学报,1990,11(3):72-76.
[2] 卫学勤. 双工移动通信系统的干扰概率计算[J]·天津大学学报,1993,2(2):218-223.

(上接第 23 页)

遮挡严重,雷达截面积减少,箔条云干扰效果就会降低,所以发射装置间的相互位置和发射装置间的安装角度存在着必然的联系。如果发射装置安装的位置不合理,会直接影响对无源对抗装备的试验鉴定结果。

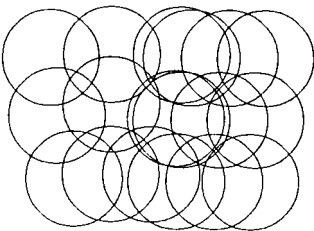


图 4 两座发射装置间距为 0 时箔条云的几何形状

6 结束语

理论指导实践,实践又使理论不断丰富。我

们经过了大量的理论分析和试验验证,证明发射装置的安装方式对质心干扰的效果起着重要的作用。虽然缩短电子对抗系统的系统反应时间、提高箔条干扰弹的特性等诸因素是提高系统干扰效果必不可少的前提条件,但是发射装置安装位置的合理布置是保证系统功能发挥作用的关键,所以在进行无源干扰试验时,箔条弹发射装置的安装方式是不能忽视的问题。

参考文献

[1] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]·西安:西安电子科技大学出版社,2001.
[2] 郭永强,易建政. 箔条云形状对干扰效果的影响[J]·电子对抗技术,2003,18(5):33-36.
[3] 阮颖铮. 雷达截面与隐身技术[M]·北京:国防工业出版社,2001.