

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.07.013

## 战场电磁频谱管理辅助决策系统构建研究

于江<sup>1</sup>, 沈刘平<sup>2</sup>, 张磊<sup>3</sup>, 范万水<sup>1</sup>, 贾瑞鹏<sup>1</sup>(1. 中国人民解放军 73691 部队, 南京 210014; 2. 中国人民解放军 73681 部队, 南京 210042;  
3. 解放军理工大学通信工程学院, 南京 210007)

**摘要:** 为有效实施战场电磁频谱管理, 在分析战场电磁频谱管理辅助决策系统主要特征的基础上, 给出符合实际需求的决策系统体系结构。介绍战场电磁频谱管理辅助决策系统的基本概念, 就其主要特征阐述战场电磁频谱管理辅助决策系统的体系结构, 分析战场电磁频谱管理辅助决策系统构建中的若干关键问题。该研究可为从事电磁频谱管理工作和相关研究的技术人员提供参考。

**关键词:** 辅助决策系统; 构建; 频谱特征识别; 方案效能评估

**中图分类号:** C934 **文献标志码:** A

## Research of Constructing Battlefield Electromagnetic Spectrum Management Decision Support System

Yu Jiang<sup>1</sup>, Shen Liuping<sup>2</sup>, Zhang Lei<sup>3</sup>, Fan Wanshui<sup>1</sup>, Jia Ruipeng<sup>1</sup>(1. No. 73691 Unit of PLA, Nanjing 210014, China; 2. No. 73681 Unit of PLA, Nanjing 210042, China;  
3. College of Communications Engineering, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** In order to manage the battlefield electromagnetic spectrum resource effectively, the paper gives out the architecture of the decision support system, which accords with the actual requirements, based on the analysis of the primary characteristics of battlefield electromagnetic spectrum management decision support system. Introduces a basic concept of battlefield electromagnetic spectrum management decision support system, and discusses the architecture of battlefield electromagnetic spectrum management decision support system after introducing its primary characteristics, and lastly analyzes some pivotal problems of constructing battlefield electromagnetic spectrum management decision support system. The research can provide references for the man who engaged in electromagnetic spectrum management and interrelated technical personals.

**Keywords:** decision support system; construct; spectrum characteristic identifying; scheme efficiency evaluation

### 0 引言

战场电磁环境是指在给定战场空间内对作战有重大影响的电磁活动和现象的总和<sup>[1]</sup>。由于电子技术的迅猛发展, 以及军事变革的不断深入, 大量高精尖电子装备涌入到作战领域各环节中, 使得现代战场的电磁环境日益复杂, 主要表现在: 己方用频装备在用频段相当拥挤, 敌我双方电磁对抗异常激烈, 同时还伴随着锐意发展的民用无线电业务对战场电磁环境的潜在影响等, 这些因素都给有效实施战场电磁频谱管理增加了难度。因此, 如何为战场电磁频谱管理提供科学合理的辅助决策, 就成为亟待研究解决的大问题。笔者在分析了战场电磁频谱管理辅助决策系统主要特征的基础上, 给出了符合实际需求的决策系统体系结构, 并进一步探讨了构建该系统需要着重考虑的几个关键问题。

### 1 主要特征

战场电磁频谱管理辅助决策系统就是一种以频谱管控科学决策为服务重心, 以数据信息搜索与处

理技术为构建基础, 通过提供相关背景材料, 协助明确特定问题, 修改完善分析模型, 列举备选方案等方式, 为战场电磁频谱管理部门做出正确决策提供全方位、多角度帮助的一体化人机交互系统<sup>[2]</sup>。

研究战场电磁频谱管理辅助决策系统构建, 目的是为了能够在实际作战过程中, 向己方电磁频谱管理部门提供及时、准确、高效的相关数据信息, 便于频谱管理的决策者能以此为依据, 科学、合理、有序地管控战场电磁频谱资源, 从而确保电磁频谱管理与作战准备、作战实施、作战转换的协调一致。战场电磁频谱管理辅助决策系统应具有如下特征:

1) 能够提供友好的软件操作界面。通过使用基本 DBMS (Oracle/SQL Server/Access) 所提供的专业化数据库管理工具进行设计, 使操作维护更加简便易行, 不同层次的使用者登录该系统, 都能对此系统所具备的基本功能一目了然, 并可以完成绝大部分的软件操作<sup>[3]</sup>。

2) 能够实现与监测系统以及电磁频谱管理控制系 统 (electromagnetic spectrum management

收稿日期: 2011-03-23; 修回日期: 2011-04-27

作者简介: 于江(1982—), 男, 山东人, 工程硕士, 助理工程师, 从事电磁频谱管理研究。

system, ESMS)的无缝连接。战场电磁频谱管理辅助决策系统是 ESMS 的必要补充,其主要工作是对监测系统反馈的有关频谱信号的特征信息进行运算处理,并将有参考价值的分析结果传送到 ESMS,在此过程中有必要使用统一的数据访问接口来完成频谱管控系统、辅助决策系统、监测系统3部分的良好衔接,确保战场电磁频谱管理体系各要素之间的数据融通。电磁频谱管理辅助决策系统在整个战场电磁频谱管理体系中的地位和作用如图1。

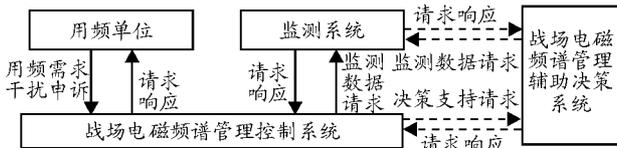


图1 战场电磁频谱管理体系结构

图1中使用虚线箭头表明辅助决策系统是整个频谱体系中的可选部分,ESMS只有在确实需要决策支持的情况下,才向辅助决策系统寻求服务。

3) 能够表征战场电磁环境的细腻性。ESMS虽然可以直接从监测系统的监测数据中分析出所在地域的电磁态势,并依据有关频率分配算法得出频率分配方案,进而确定己方用频单位的力量配置,但ESMS并不能够从微观上完全表征当前战场电磁环境的所有特征信息,例如:对用频部队上报的干扰申诉,ESMS无法直接判断干扰信号的具体特征属性,这对频率调整方案及时制定产生不利的影 响;另外,ESMS虽然可以制定频率分配方案,但无法对频率分配结果的优劣进行评估。这些都不同程度影响了ESMS频谱管理决策的质量,而电磁频谱管理辅助决策系统正好可以弥补ESMS这一缺陷。

## 2 体系构建

在设计战场电磁频谱管理辅助决策系统的结构时,应注重从系统的针对性、时效性入手,以方便专业用户快速入门和熟练使用为出发点,着重提高系统的稳定性、复合性、可扩展性等能力,优化完善系统的功能架构。

战场电磁频谱管理辅助决策系统中包含的要素主要有如下8个:

1) 环境采集模块。该模块与监测系统相连,采集的对象是以时间参数和相关频谱演进过程为变量的实时海量数据信息。采集的结果应该是时间、空间、频率、幅度的多维结构,并与其它模块的功能实现存在相关输入参数的映射关系<sup>[4]</sup>。

2) 频谱信号特征属性查询模块。根据模块1提取出来的某频谱信号的基本信息如中心频率、场强、占用带宽、音频信息、频谱图等,进一步判断

该信号的调制方式、业务类型等频谱特征属性。

3) 频点/频段对应业务信息查询模块。该模块向用户提供全频段内所有已知频点/频段的业务信息,并具备数据库实时更新功能。同时,考虑到频谱分布的地区差异性,要求用户在查询时,必须指明当前研究对象(信号)所在地域(省、市、县)。

4) 电磁频谱管理常用名词术语查询模块。该模块向用户提供电磁频谱管理中,经常会遇到的专业名词术语的详细注释,比如各类干扰(同频、邻频、互调、阻塞、带外干扰等),各类测向技术(watson-watt、相关干涉仪、多普勒、空间谱估计测向法等),信号特征参数(频率容限、占用度、调制度、背景噪声等)。如果注释中出现的相关名词涉及到此模块中已经给出的术语解释信息,则应提供该名词与其对应术语注释的横向链接,另外,还包括各种计算公式的具体描述等。

5) 用频装备技战术性能查询模块。该模块向用户提供目前军内外已知各种型号用频装备的技战术性能指标参数,并赋以必要示意图或视频来帮助用户加深理解。此外,如果用频装备属于发射电磁信号的装备,则还应提供该装备产生信号的相关频谱特征信息,以确保数据信息查询服务的完整性。

6) 电磁环境复杂等级计算模块。根据信号的占用带宽、功率场强、工作时间等一些可以直接测得的信息,计算频谱占用度 $\lambda_1$ 、时间占用度 $\lambda_2$ <sup>[5]</sup>等指标,来综合判断所在地域的电磁环境复杂等级。下面具体说明这2个指标的含义。

$$\lambda_1 = B_u / B_0 \quad (1)$$

其中: $B_u$ 为已用频点占用带宽; $B_0$ 为该频段总带宽。

$$\lambda_2 = T_u / T_0 \quad (2)$$

其中: $T_u$ 为研究频点实际工作的时间; $T_0$ 为包含 $T_u$ 的某一给定时间段。

7) 频率分配方案质量评估模块。针对同一作战地域电磁态势动态多变的实际,有必要借助特定的代价评估函数对当前提交的原始频率分配方案进行质量评估,以便决定其是否可以下发给用频单位使用。代价评估函数真实地反映了当时当地的电磁环境复杂程度,其建立是否合理对有效评估频率分配方案质量至关重要。

8) 数据信息中心。这是辅助决策系统中各类信息存储、提取、交换的核心区域,具有可靠、稳定、集成的底层数据库系统,并综合运用数据仓库<sup>[6]</sup>管理模式,提供对整个体系的数据支撑。

战场电磁频谱管理辅助决策系统结构示意图如图2。图中双向箭头表明由于满足请求/响应的关

系, 相关信息流可在对应功能模块之间流动。

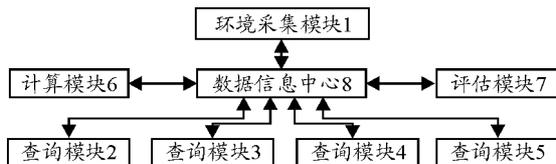


图 2 战场电磁频谱管理辅助决策系统结构

### 3 关键问题

#### 3.1 系统查询与索引的设计与实现

通过辅助决策系统为频管部队提供迅捷高效的参考信息是非常重要的环节, 主要体现在用户查询信息时间的降低幅度, 软件系统索引结构的优化程度。因此, 必须使用格式统一的数据引擎进行数据转换和传输, 具体可由查询服务子模块和索引服务子模块来实现<sup>[7]</sup>。这 2 个子模块内嵌于数据信息中心模块中, 具体实现查询模块 2 至 5 与数据信息中心(模块 8)之间的查询和索引功能, 其中: 查询服务子模块负责与用户信息交互, 向用户提供基于 client/server 方式的访问机制, 并将用户的查询条件转化为信息索引结构, 传递给索引服务子模块, 同时将索引服务子模块的匹配结果还原为信息期望表现形式返回给用户; 索引服务子模块用来实现基于内容的查询, 根据查询服务子模块提交的用户查询条件索引, 通过匹配算法在信息元数据库中进行匹配, 并将匹配结果返回给查询服务子模块。索引服务子模块的功能主要是运行索引匹配算法。

#### 3.2 频谱信号特征属性的分析识别

信号确认、干扰识别是战场电磁频谱管理部门进行频率资源合理调配的重要依据, 在实际的军事通信系统中, AM、FM、DSB、LSB、USB 5 种模拟调制方式为常用的调制方式, 针对这一规律, 可通过频谱信号特征属性查询模块从环境采集模块中提取出需要研究的某频谱信号的各种基本信息, 然后传送到数据信息中心内置数据库中, 自动与所有库存标准信号模板的相关信息(如信号所在频段、谱图特征、解调音、跳变模式、频偏等)逐一进行比对, 采取差异排出、逼近查找策略来提高搜索效率, 利用理论决策法(即采用假设检验理论解决信号分类问题, 通常根据信号的统计特性, 基于耗费函数最小化原则导出统计检验量, 并设置合适的门限进行判决, 进而识别信号<sup>[8]</sup>)来深入分析其所使用的调制方式, 从而进一步明确该信号的频谱特征。这有点类似于刑侦破案所使用的指纹识别系统。

#### 3.3 频率分配方案效能评估研究

战场电磁频谱管理涉及到对频率资源的划分、

规划、分配、指配等工作, 如何为己方用频部队提供优质频率分配方案, 已成为频管部门需要着重考虑的问题。根据实际系统需求, 频率分配方案质量评估模块借鉴蜂窝状网络小区复用技术的基本原理, 设置了 4 种可以量化评价分配方案质量的约束条件, 分别是: 同频道(Co-channel)约束、邻频道约束(Adjacent-channel)、共址(Co-site)约束和互调成分约束<sup>[9]</sup>等。该模块在综合分析所在地域战场电磁环境的复杂情况(此信息可以通过电磁环境复杂等级计算模块 6 给出)的基础上, 结合用频部队上报的干扰申诉, 科学配置上述 4 种约束条件的权值(权值的大小真实反映了各种约束条件的影响程度), 进而整合出频率分配方案质量评估函数  $Eval-func(Prj)^{[10]}$ , 并设定合理的判决门限, 用以确定当前准备提供给用频部队的频率分配方案是否达到或接近所需电磁兼容等级。

### 4 结束语

作为战场电磁频谱管理体系的重要组成部分, 电磁频谱管理辅助决策系统既是夺取战场制电磁权的重要保障, 也是对作战指挥决策的有力支持。放眼未来, 要在信息化条件下的局部战争中始终处于有利位置, 就必须着力提升基于信息系统的体系作战能力, 继续加大对战场电磁频谱管理辅助决策系统的深入研究, 积极研发适应各种频率保障需求的辅助决策软硬件平台, 并不断挖掘其在时效性、兼容性、可靠性、小型化、网络化等方面的潜力。

### 参考文献:

- [1] 耿海军. 信息化战场的电磁环境究竟有多复杂[J]. 国防, 2008, 4(4): 80-81.
- [2] 邓江湖, 赵武奎, 卢诗骄. 中美军队辅助决策系统现状比较[J]. 兵工自动化, 2006, 25(10): 15-16.
- [3] 高屹. 一个通用数据库管理工具的研究与实现[J]. 军事通信技术, 2008, 29(1): 19-22.
- [4] 杨乐平, 李海涛, 杨磊. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 384-391.
- [5] 周鸿顺. 频谱监测手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 8-11.
- [6] 陈文伟. 决策支持系统教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 56-59.
- [7] 朱磊, 杨庆. 信息综合管理平台中基于内容的图像检索[J]. 军事通信技术, 2008, 29(1): 11-13.
- [8] 陈健, 阔永红, 李建东, 等. 通信信号自动识别方法[J]. 电路与系统学报, 2005, 10(5): 102-109.
- [9] 古邦伦. 电磁频谱管理中的频率分配技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [10] 谢珊. 遗传算法在无线频率规划的应用[D]. 广州: 中山大学, 2007.