

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.08.020

实境化电磁辐射环境重构

丁浩

(中国人民解放军 73691 部队, 南京 210014)

摘要: 为给无线电设备电磁环境 (electromagnetic environment, EME) 适应性测试提供真实场景, 进一步方便电磁环境监测、评估工作, 对实境化电磁辐射环境重构进行研究。从电磁环境实境的特征出发, 构建了实境的系统架构并对其进行实现, 探讨了实境生成系统的体系架构和关键技术。研究结果表明: 构建实境化电磁辐射环境, 有助于大大缩短测试、试验的周期, 减少追加成本, 更好地为无线电管理、监测提供服务。

关键词: 电磁环境; 实境; 重构

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Reconstruction of True Circumstance of Electromagnetic Environment

Ding Hao

(No. 73691 Unit of PLA, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to supply adaptive testing of electromagnetic environment (EME) for radio equipments with real scene, and further facilitate EME monitoring and evaluation, research on reconstruction of true circumstance of EME is carried out. According to the characteristics of true circumstance of EME, the system architecture of true circumstance is built and realized. The system architecture of generating system of true circumstance and key technologies are also discussed. The results show that it can help shorten test and experiment period, reduce the additional costs and serve radio management and monitoring better by building true circumstance of EME.

Key words: electromagnetic environment; true circumstance; reconstruction

0 引言

电磁环境 (electromagnetic environment, EME) 一般是指存在于给定场所的所有电磁现象的总和^[1], 随着信息技术、电子技术的飞速发展, 各种无线电设备大量使用, 导致电磁辐射交织、重叠, 电磁干扰、背景噪声状况不断恶化, 电磁环境变得越来越复杂, 严重影响到人们的生产、生活^[2], 这对无线电设备的性能指标提出更高要求。因此, 无线电设备在定型或出厂之前, 需要在真实或准真实的复杂电磁环境中进行严格的电磁环境适应性测试, 使之能够经受日后实际电磁应用环境的考验。另外, 在当前的无线电管理、监测工作中, 针对电磁辐射环境状况, 需要进行更为科学、准确的电磁环境监测、评估, 以便为电磁环境质量监控、频率分指配工作提供可靠依据。故笔者对实境化电磁辐射环境重构进行研究, 旨在为上述适应性测试和电磁环境监测、评估提供真实、可控的电磁辐射仿真环境或反演的真实环境。

1 电磁环境实境概述

1.1 电磁环境实境的含义

笔者提出的实境概念, 特指的是能够表征电磁

辐射环境的“实际情境”, 即应测试、试验、评估等需要, 模拟、构建的电磁环境符合实际, 其外在场景、内在特征及变化规律符合真实情境, 是对真实电磁辐射环境的重构。当前, 针对电磁环境 (尤其是复杂电磁环境) 的研究偏重于频谱状态、现象、以及电磁环境复杂度问题, 而针对原因、机理、规律等电磁环境“实际情境”的研究尚显不足。因此, 需加强对电磁环境实境的研究, 探索实境生成技术, 构建实境化电磁环境, 以增强所构建环境的真实感, 提高其使用效果。

1.2 电磁环境实境的特征

探讨实境生成技术的直接目的是为了重构实境化的电磁环境, 能够在平时获得真实感极强的全实物 (或准全实物) 仿真的电磁辐射场景体验, 从而提升测试、试验、评估等工作的效果。因而, 要求电磁环境实境具有如下特征:

1) 该实境能够表征电磁辐射环境的细腻性。构建的实境既能够从宏观上表征电磁环境的能量起伏、信号密集的状态, 又能够从微观上反映出电磁环境中信号交织、芜杂多变的真实性状。从而不会因简单地使用拟合式的能量分布, 而掩盖住电磁辐

收稿日期: 2012-03-01; 修回日期: 2012-04-19

作者简介: 丁浩 (1977—), 男, 安徽人, 硕士, 高级工程师, 从事信息通信研究。

射环境的细腻性。

2) 该实境能够“再生”电磁辐射环境的频谱信号。实境中信号发生装置可成为真实的无线电设备、装置的“等价实物”，能够表征电磁环境中信号源的频谱特征和技术体制。目前，构建电磁环境的研究工作，多数从“信号多、背噪杂、电平高”的角度重现环境的复杂性，并未真正反映出实际电磁辐射环境中真实信号频谱的内在特性。

3) 该实境应具有动态交互、可调可控特性。人机交互使实境变化更加复杂，更为合理，更贴近实际情况下的电磁辐射变化。

总之，电磁环境实境是对电磁辐射环境在时域、频域、能域、空域等多域特征的一种物理描述和呈现，可以视为现实电磁辐射环境的再生。

2 电磁环境实境的生成

2.1 当前电磁环境构建情况概述

当前，构建电磁环境使用的方法较多，比如：借助虚拟技术进行计算机仿真^[3]，软硬结合的半实物仿真(hardware in the loop)，直接设置真实无线电台站或装置进行构建，使用模拟器模拟电磁环境等^[4]，军事方面有构建电子靶场的应用实践^[5]。但是效果并不是特别理想，还存在以下问题：

1) 缺乏较强的真实感。过多依赖虚拟手段、频谱发射偏重能量特征、构建方案偏离实际，造成实装训练过程中难以形成实境互动和物理反馈。

2) 构建的环境存在片面性。由于模拟仿真设备本身的限制，加之缺乏系统性，构建时难以把握整体，顾及全局。

3) 构建时容易丢失环境细节要素。往往在构建时关注电磁态势的宏观效果，而忽略频谱特征等细节要素。

4) 构建的环境体系多呈现出封闭性。由于构建的电磁环境按照预设程式进行“放映”，缺乏感知和调整能力，动态性、交互性不足。

理想情况下，构建的环境须是对电磁辐射环境的准确表征、全面描述、动态反映；即通过科学、可行的技术手段，“复制”出真实的电磁环境，“复制”的结果就是电磁辐射环境的“实际情境”。

2.2 电磁环境实境的系统架构

进行实境系统构建时，需围绕实际电磁辐射环境的要求，找准实境系统架构的特征，再行构建。

2.2.1 实境系统架构的特征

1) 系统中的信号源体现真实性。系统中的信号源能够对来自各种无线电设备或发射装置，以及自然辐射的信号源或噪声进行物理模拟，产生的信号频谱符合相应设备、装置以及环境噪声的频谱性状。

2) 系统中的电磁态势表现复合性特征。通过实境系统再生的电磁环境，是由多样性信号源频谱细节汇聚而成，区别于采用少量宽频带、高功率发射源营造出的频带“占据式”的“复杂”电磁环境。

3) 系统的信号源具备可重用性。借助可编程定义能力，扩展信号源设备的角色，使单个设备能够生成多样、多态频谱信号，在降低投入的同时，增强设备灵活性。

4) 系统的结构具备开放性。具备开放性特征的系统架构，能够对电磁辐射环境的变化进行感知，并适时进行环境调整。

5) 系统具备网络可控性。借助网络化平台，实现“人”与“实境体系”的交互、互感知。“人”通过感知“实境”，进行作业调整，而“实境”通过感知“人”的作业意图，变更实境生成进程。

6) 系统具有实境生成和反演双重能力。系统在生成实境的同时，进行实境记录，可实现后续的实境反演，也便于构建效果的评估。

2.2.2 实境系统架构的实现

完备的实境系统，应包含以下几个主要要素：

1) 信号源：是构建电磁环境实境体系的基础，用于物理模拟无线电通信、广播、雷达、自然发射等信号发生实体。

2) 想定作业模块：该模块对实境生成进行设计规划，给出“剧本”。想定作业需紧贴拟生成的频谱信号的技术体制特征、产生机理、地理环境、信号源布置运用、情况变化等客观事实。

3) 实境参数生成及发布模块：该模块对想定的计划方案进行解析、编程，形成规范的参数指令，发给信号源设备，控制实境信号频谱的产生与变化。

4) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、“方案”演进情况为变量的频谱参数信息。采集的结果应该是时间、空间、频率、幅度的多维结构，并与想定作业的方案文书进行时间轴上的映射。实境信息采集可视为一种现场“录制”，“录制”的结果可以作为实境反演依据，以及日后实境生成时信号“蓝本”。

5) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、环境信息处理模块。根据具体处理需求，该模

块将原始的信号频谱素材进行约定表达、按需存储。

6) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、实境描述及可视化模块。借助图像处理、数据融合、电波传播模型计算、测向定位等技术手段将实境中的频谱信号、电磁态势进行可视化或者其它形式的描述，以便于辅助决策和直观评判^[6-7]。

7) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、通信平台。该平台用于指令、数据信息传输，使整个实境成为一体。通过它，信号源能够及时获取实境参数和想定文件，适时发射约定信号；采集模块能够适时采集、处理、存储实境信息。

8) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、效能评估模块。研究并构建科学、适用的评估体系和模型^[8]，结合想定作业方案，对实境构建效果进行评估。

9) 环境采集模块：该模块采集的对象是以时参、数据信息中心。数据信息中心是实境系统中关键性组成部分，是上述 8 个实境组成部分中所涉及的文件和信息的存储、提取、交换的核心区域，是整个系统的数据支撑。

实境系统架构如图 1 所示。

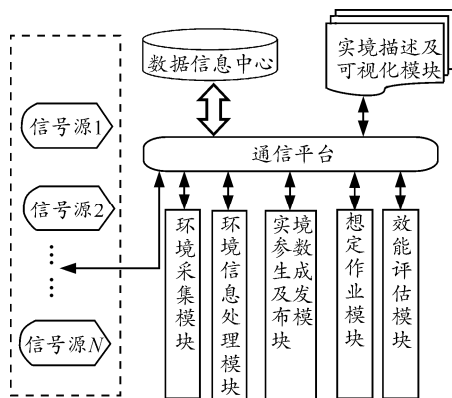


图 1 实境系统架构

2.3 电磁环境实境构建的关键问题

2.3.1 信号源的设计与实现

在实境生成系统中，信号源肩负着发生任意频谱信号的职能，即根据不同需求，定制角色，替代无线电发射源产生频谱信号；因此，可以将其视为任意波形发生器 (arbitrary waveform generator, AWG)。该信号发生器要求能够使用多种方式获取波形参数，在宽频段范围内重建多态性、各种调制方式的真实频谱；现实场景中的传输效应、信号畸化效应等能够在生成过程中进行定义叠加，从而实现信号频谱“所想即所得”。

其中，AWG 中的波形原型有 3 个来源：一是通过函数公式直接生成；二是通过建模工具构造波形矢量；三是采集、抽样现场真实波形数据。生成波形原型后，将其存入波形存储器，再根据实境想定作业，适时加载、处理、发射。根据当前国内外研究成果，借助 DSP、软件无线电等技术，该 AWG 具备可实现性^[9-10]，其工作原理简图可如图 2 所示。

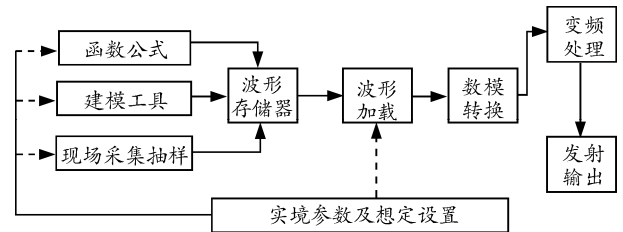


图 2 AWG 工作原理简图

2.3.2 实境环境下的频谱信息采集问题

通过实时、实地、实景的实境信息采集，可为后续实境反演、评估，波形重建提供依据。理想的做法是：尽可能细腻地将实境场地进行栅格划分，在栅格节点上布设频谱采集设备。但该方法的建设成本大，且符合要求的接收设备不多。可以考虑将采集模块植入 AWG 中，在想定作业指令的控制下采集实境信息，并将采集结果缓存本地或者直接输往数据信息中心。

2.3.3 复杂电磁环境中系统组网通信问题

构建的实境中，地理环境可能比较复杂，布放的设备位置需要不断调整，参数指令、信息数据需要动态传输，因此需要提供一个稳定、可靠的通信平台。有线网、无线网通信相结合的方式较为可行，其中，数据中心服务器与想定作业、实境参数设置、可视化、近端环境信息采集等模块之间借助有线互联，实现数据分发与汇集；信号源、远端采集模块等采取无线方式纳入系统架构。使用保留频段并借助扩频技术可以增强无线信道抗扰性，提高自身的生存能力。

2.3.4 效能评估的研究

效能评估是一项综合性系统工程，其中：评估模型、评估手段、考量指标应是研究的重点。构建效能评估系统时，须强化评估系统与实境系统结合的密切程度，使评估结论能够及时作用于想定作业平台，转化为实境修正、调整的指令参数，形成动态反馈机制，进一步提高实境的科学性、合理性、真实性。

3 结束语

综上所述, 构建实境化电磁辐射环境, 可为设备测试、试验、检验等提供一个准真实的模拟环境, 大大缩短测试、试验的周期, 减少追加成本。实境的生成及反演能力也为电磁环境监测、评估工作, 带来极大便利, 使综合性的监测数据比对、分析、评估成为可能。因此, 有必要进一步加强对电磁环境实境进行研究, 研制相应设备, 构建实体系统, 更好地为无线电管理、监测提供服务。

参考文献:

[1] GJB 72A-2002. 电磁干扰与电磁兼容性术语[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2002: 1.
 [2] 高岩, 于博. 复杂电磁环境特性[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(2): 19-21.

(上接第 64 页)

2.2.3 信息传输与安全管理

实现信息安全传输和管理是物联网应用与战场感知的必要前提, 也是物联网应用系统成熟的重要标志。信息安全传输和管理的目标是要保证战场获取的情报信息的机密性、完整性和可用性。这个要求贯穿了物联网的感知信息采集、汇聚、融合、传输、决策等信息处理的全过程, 所面临的安全问题有着现有网络系统的特征^[13]。首先, 在战场感知数据采集、传输与信息安全方面, 感知节点通常结构简单、资源受限, 无法支持复杂的安全功能; 感知节点及感知网络种类繁多, 采用的通信技术多样, 相关的标准规范不完善, 尚未建立统一的安全体系。其次, 在物联网应用的安全方面, 支撑物联网的平台具有不同的安全策略, 大规模、多平台、多类型使得物联网应用层次面临新的挑战; 再次, 在数据处理过程中同样存在着保护其秘密性的问题, 要建立访问控制机制, 控制战场感知信息的采集、传输、处理和情报共享等。总之, 物联网以数据为中心的特点和应用密切相关性, 决定了物联网总体安全目标应包括保密性、数据鉴别、设备鉴权、完整性、可用性和时效性等方面。

3 结束语

世界各国越来越重视战场态势感知, 物联网作为一项新兴技术, 以其独特的优势在战场感知中发挥着重要的作用。笔者通过对物联网的理解, 结合其军事应用, 提出了战场感知的物联网构架, 并对关键问题进行了探讨, 为深入研究物联网技术和解

[3] 闵涛, 杨建华. 虚拟战场电磁环境仿真系统研究[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(4): 84-87.
 [4] 程健庆, 余云智. 信息化战场条件下复杂电磁环境仿真建模技术[J]. 舰船电子工程, 2008(8): 152-156.
 [5] 毛钧杰, 刘培国. 电磁环境基础[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010: 180-186.
 [6] 王英志, 章新华. 战场电磁环境可视化问题初探[J]. 舰船科学技术, 2005, 27(2): 83-86.
 [7] 方程, 刘晓静, 屈林. 基于 GIS 的战场电磁环境可视化研究[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(2): 94-97.
 [8] 高斌, 唐晓斌. 复杂电磁环境效应研究初探[J]. 中国电子科学研究院学报, 2008(8): 345-350.
 [9] Tektronix. Signal Generator Fundamentals[EB/OL]. (2008-1-20)[2011-11-30] http://www.tektronix.com/signal_Generators.
 [10] 马颖. 美军电子战模拟训练系统启示录[J]. 外军电子战, 2002(1): 14-18.

决战场感知技术问题奠定了一定的基础。同时, 由于若干问题尚未解决, 物联网在军事领域仍处于理论研究和试验阶段, 距离实际应用还存在一定距离。相信随着相关问题的不断解决, 物联网必将对信息化战争产生深远的影响。

参考文献:

[1] 吴德本. 物联网综述[J]. 有线电视技术, 2010, 22(1): 107-109.
 [2] 李建军. 物联网研究综述[J]. 中国产业, 2011, 11(1): 74-76.
 [3] 刘楷华, 李雄. 物联网应用现状及其发展机遇[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(5): 1007-1009.
 [4] 张铎. 物联网大趋势[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
 [5] 王旭豪, 王文发, 杨文军. 基于物联网的作战方式探讨[J]. 兵工自动化, 2011, 30(8): 55-57.
 [6] 吴功宜. 智慧的物联网[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
 [7] 杜天旭, 谢林柏, 徐颖秦. 物联网的关键技术及需要解决的主要问题[J]. 微计算机信息, 2011, 27(5): 152-154.
 [8] 江敬灼, 郭嘉诚. 国防系统分析方法学[M]. 北京: 军事科学出版社, 2000.
 [9] 阿尔伯特, 等. 信息时代军事变革与智慧控制[M]. 郁军, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
 [10] 崔逊学, 赵湛, 王成. 无线传感器网络的领域应用于设计技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
 [11] 陈海勇, 朱诗兵, 李冲. 军事物联网的需求分析[J]. 物联网技术, 2011, 1(5): 53-57.
 [12] 马建. 物联网技术概论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
 [13] 李志亮, 邢国平, 陈辉. 基于无线传感器网络的目标毁伤效果情报搜集[J]. 物联网技术, 2012, 2(1): 24-27.