

doi: 10.7690/bgzdh.2025.01.003

# 动态编辑的电磁专项态势过滤显示技术与实现

吉飞龙, 吕晨, 朱冠兰, 唐远见

(中国电子科技集团公司第二十九研究所, 成都 610036)

**摘要:** 针对现有技术的态势过滤规则依赖优先级规避冲突以及国产硬件单核心主频低、核心数量多等问题, 提出自动规避冲突准则, 构建电磁专项态势过滤算法。选择正交平等的电磁信息描述参数作为过滤属性, 实现过滤规则匹配阶段零检测冲突、自动规避冲突。实验结果表明: 能避免依赖优先级规避规则冲突, 提升并行执行效率, 对电磁侦察态势实现实时精细化过滤显示, 辅助操作人员查看重点关注目标活动情况, 可应用于工程项目。

**关键词:** 电磁态势; 动态编辑; 过滤规则; 冲突规避; 国产硬件

**中图分类号:** TP301 **文献标志码:** A

## Filtering Display Technology and Realization of Electromagnetic Special Situation Based on Dynamic Editing

Ji Feilong, LYU Chen, Zhu Guanlan, Tang Yuanjian

(No. 29 Research Institute of China Electronic Technology Group Corporation, Chengdu 610036, China)

**Abstract:** Aiming at the problems that the situation filtering rules in the prior art rely on priority to avoid conflicts, and the domestic hardware has low single-core frequency and large number of cores, the automatic conflict avoidance criterion is proposed, and the electromagnetic special situation filtering algorithm is constructed. The orthogonal and equal electromagnetic information description parameters are selected as the filtering attributes to realize zero detection conflict and automatic conflict avoidance in the filtering rule matching stage. The experimental results show that the proposed method can avoid the conflict of rules relying on priority evasion, improve the efficiency of parallel execution, realize real-time fine filtering display of electromagnetic reconnaissance situation, and assist operators to view the activities of key targets, which can be applied to engineering projects.

**Keywords:** electromagnetic situation; dynamic editing; filtering rules; conflict avoidance; domestic hardware

### 0 引言

实时电磁侦察态势需要展示丰富的态势目标和电磁环境, 但由于传感器技术体制限制, 大部分仅截获目标方向辐射的特定频段电磁信号, 随着目标运动和时间累积, 使用线条叠加显示电磁信号的实时电磁侦察态势会杂乱显示, 需要运用过滤规则对电磁侦察态势进行过滤显示, 方便操作人员聚焦重点关注目标的活动情况。

目前通过规则过滤态势数据已有一些研究成果, 如采用规则引擎模型定制显示航天试验<sup>[1]</sup>, 使用过滤表达式完成指令过滤实现个性化飞机座舱显示<sup>[2]</sup>, 基于定制谓词属性的态势信息分发过滤<sup>[3]</sup>, 根据时间段过滤显示实时态势和回放态势<sup>[4]</sup>, 再根据显示需求订阅态势数据<sup>[5]</sup>。本领域文献较少披露如何解决过滤规则冲突问题文献较少, 文献[1]依赖规则执行顺序和优先级消解比较类/过滤类规则冲突, 但规则优先级常随领受执行任务不断变化而在

工程项目应用受限制。文献[2—5]依赖操作人员输入复杂程序式的逻辑脚本规避冲突, 需要操作人员学习输入规则, 提高了人机交互操作门槛。

目前, 研究人员在智能家居<sup>[6-7]</sup>和网络防火墙过滤规则冲突检测<sup>[8-9]</sup>、冲突消除<sup>[10]</sup>方面有较多研究, 主要分为树形/网结构算法<sup>[7-8, 10]</sup>和向量式结构算法<sup>[6, 9]</sup>2 大类。树形/网结构算法存在逻辑判断顺序会导致算法并行执行效率低效, 不适用于本文中大数据量和实时电磁侦察态势过滤显示, 而当向量式结构算法直接应用于连续数值为主的电磁侦察态势时, 会存在部分过滤参数离散向量长度不可控、向量维度过大, 造成规则匹配效率低等问题, 例如雷达常见频率 0.3~18 GHz, 按 0.5 MHz 离散, 频率向量维度超过 35 000。

本文中系统部署于国产硬件和操作系统环境, 目前较少文献对国产 CPU 单核主频低、核心数量多特点进行优化的态势过滤规则匹配算法、冲突检测算法和冲突消除算法。

收稿日期: 2024-07-10; 修回日期: 2024-08-15

第一作者: 吉飞龙(1989—), 男, 重庆人, 硕士。

综上所述笔者提出电磁专项态势。

1) 从操作人员实际使用需求出发,分析得出电磁侦察态势不同于航天试验、网络防火墙和智能家居领域过滤规则冲突检测、冲突消除原则。

2) 提出动态编辑的电磁专项态势过滤显示技术,通过自动规避冲突准则和选择正交平等电磁信息描述参数实现零检测冲突,解决了传统方法需要检测冲突,依赖规则优先级规避冲突问题。

3) 针对国产硬件特点,设计实现电磁专项态势过滤算法,并在实际工程项目验证算法过滤效果。

## 1 电磁侦察态势过滤需求

### 1.1 使用需求

如图 1 所示,长时间运行的电磁侦察态势由于呈现丰富的态势数据,容易造成目标航迹、电磁信号杂乱堆积显示,需要对电磁侦察态势按照一定规则过滤显示,辅助操作人员聚焦重点关注目标的活动情况。航天试验显示需要通过规则严格过滤试验参数形成定制页面<sup>[1]</sup>,网络防火墙利用规则尽可能过滤拦截非授权请求、大流量数据<sup>[8-10]</sup>,与之不同,电磁侦察态势需要尽可能保留态势数据,只过滤影响操作人员判证或对辅助决策不明显的的数据,防止遗漏当面目标活动情况。

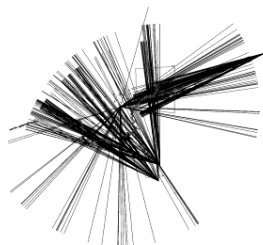


图 1 杂乱显示的电磁侦察态势

网络防火墙通常使用具有确定值的地址、端口、协议等过滤规则拦截请求、过滤数据,而描述电磁侦察态势的电磁信息参数大部分都是相对客观的连续数值,电磁侦察态势过滤算法需要适用于区间范围取值的电磁信息参数。

与航天试验、网络防火墙、智能家居通过规则执行优先级和先后顺序规避规则冲突不同,电磁信息参数的重要等级和优先级随操作人员领受任务不同而不断变化,不能简单通过优先级规避规则冲突。

### 1.2 国产硬件需求

国产 CPU 单核心主频相对国外同类产品偏低,单核心计算能力相对偏弱。为弥补单核心计算能力

偏弱的短板,国产 CPU 普遍核心数量较多,通过以量取胜途径提高芯片的整体计算能力。防火墙和智能家居的树形/网结构算法存在逻辑判断顺序导致算法并行执行效率低下,不适用于本文中电磁侦察态势过滤显示。电磁侦察态势过滤算法需要充分考虑国产 CPU 单核心主频低、核心数量多的硬件条件,增强并行执行能力。

## 2 与电磁侦察态势相关的系统

### 2.1 系统部署

本文中系统如图 2 所示。传感器和引接系统(如航管雷达、互联网)通过有线连接按照地理和行政关系接入分布式网络控制,分布式网络控制部署于固定或移动平台上,分布式网络控制之间通过有/无线连接且连接关系随链路通联质量动态变化,便携/固定显示终端通过有线接入分布式网络控制实时接收态势数据以辅助操作人员判断目标活动情况。

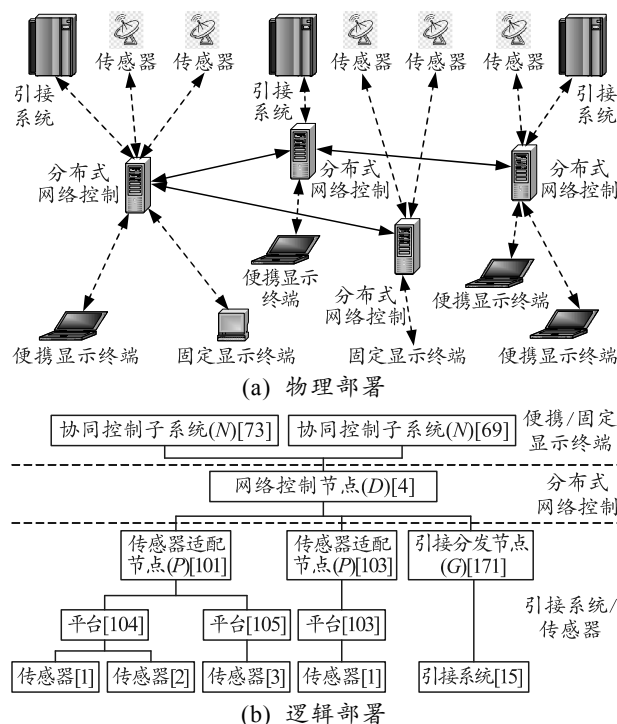


图 2 系统部署

### 2.2 系统逻辑

图 2 中,传感器和引接系统为物理实体,其余是软件实体,电磁专项态势集成于协同控制子系统,并随协同控制子系统部署于便携/固定显示终端。

本文中相关系统接入数据分为传感器侦察数据和引接系统提供数据。传感器侦察数据由传感器侦察截获目标辐射电磁信号组成,统一编号规则为“网络控制节点(D). 传感器适配节点(P). 平台. 传感

器. 批号”。引接数据由适配接入引接系统提供数据组成, 统一编号规则为“网络控制节点(D). 引接分发节点(G). 引接系统. 批号”。设传感器侦察截获第 1 222 批电磁信号, 则数据编号为“4.101.105.3.1222”, 设引接系统引接第 1 302 批数据, 则数据编号为“4.171.15.1302”。

### 2.3 协同控制子系统原理

电磁专项态势通过业务逻辑集成于协同控制子系统, 由协同控制子系统调用电磁专项态势过滤算法完成电磁专项态势过滤功能。采用领域驱动设计<sup>[11]</sup>对业务活动进行领域建模, 采用六边形架构<sup>[12]</sup>构建的协同控制子系统如图 3 所示, 电磁专项态势位于支撑域的过滤上下文, 对所有态势数据按照过滤规则完成过滤。操作人员切换不同的电磁专项态势可更改过滤规则, 实时过滤显示不同的电磁专项态势。

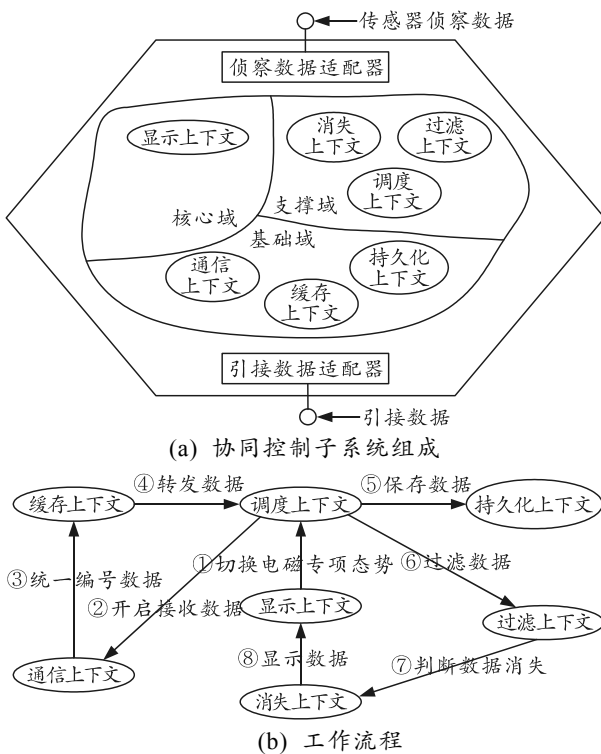


图 3 协同控制子系统

## 3 动态编辑的电磁专项态势及算法实现

为方便描述, 首先定义相关名词, 然后描述自动规避冲突准则以及零检测冲突原则, 最后描述电磁专项态势过滤算法实现。

### 3.1 名词定义

过滤属性: 电磁专项态势过滤规则的属性名称, 例如电磁信号的频率、周期、测向角度等。

过滤数值: 电磁专项态势过滤规则的数值。

过滤关系: 描述过滤属性和过滤数值之间的数学关系, 例如等于、不等于。

属性实例: 过滤属性、过滤关系和过滤数值的实例化过滤规则, 例如过滤属性为测向角度、过滤关系为等于、过滤数值为  $10^\circ$ , 那么“测向角度等于  $10^\circ$ ”为属性实例。

属性规则组: 当前电磁专项态势中, 过滤属性相同的属性实例集合。例如某电磁专项态势过滤属性为“周期”的所有属性实例构成周期属性规则组。

电磁专项态势: 对目标航迹和传感器侦察截获处理的电磁信息, 按照操作人员设定的属性规则组集合过滤后, 展示具有专项针对性电磁侦察态势。

电磁侦察态势: 在特定时空范围内, 展示敌目标、我装备部署位置, 传感器侦察截获敌目标用频设备的电磁活动状态及其变化所形成的趋势。

### 3.2 自动规避冲突准则

电磁侦察领域, 包括雷达侦察、通信侦察、光电侦察等, 固有一套描述电磁信息参数体系。不同参数通常可以从不同方面正交描述电磁信号。假设选择描述参数组成的属性规则组互相正交且优先级平等, 属性规则组选取留待 3.3 节展开描述。

设态势数据  $d=(a, b, c, \dots)$ , 其中  $a, b, c, \dots$  为  $d$  的不同过滤属性, 维度数量随不同态势数据  $d$  而变化。如果  $d$  满足式(1), 那么认为态势数据  $d$  通过电磁专项态势  $Z$  过滤。

$$d \in (P \& Q \& R \dots), P = (p_1 | p_2 | p_3 \dots), Q = (q_1 | q_2 | q_3 \dots), R = (r_1 | r_2 | r_3 \dots) \quad (1)$$

式中:  $P, Q, R, \dots$  为电磁专项态势  $Z$  不同的属性规则组, 由操作人员通过人机界面动态编辑;  $p_1, p_2, p_3, \dots$  为属性规则组  $P$  不同属性实例;  $q_1, q_2, q_3, \dots$  为属性规则组  $Q$  不同属性实例, 以此类推, 属性实例由操作人员人机界面增加、编辑、删除;  $a$  和  $P$  属于相同过滤属性,  $b, c, Q, R, \dots$  类推。

一方面过滤属性互相正交, 由不同属性实例组成的属性规则组之间没有耦合关系, 不存在规则冲突, 因此式(1)中  $P, Q, R, \dots$  可以并行判断; 另一方面由于用户可动态编辑多条属性实例, 相同属性规则组内不同属性实例存在冲突, 但式(1)采用截断操作, 态势数据至少满足一个属性实例即可通过此项属性规则组的过滤判断, 从而最大概率保留态势数

据并减少过滤力度，满足 1.1 节操作人员使用需求。

从上述分析可以得出，电磁专项态势可以自动规避规则冲突，相比现有复杂程序逻辑脚本规避冲突方法<sup>[2-5]</sup>，操作人员不必担心规则冲突，可以自由地动态编辑过滤规则。

### 3.3 零检测冲突原则

理论上有多种电磁信息参数可以描述电磁信号，但 3.2 节假设属性规则组之间正交且优先级平等；因此，主观性强、随执行任务变化而变化、测量误差高、识别正确率低的电磁信息参数不满足上述要求。如“目标重要等级”常随执行任务不同而对相同目标赋予不同重要等级，不适合作为属性规则组；平台目标搭载雷达、通信电台有时无唯一性；因此，“平台型号”属于识别正确率偏低的参数，也不适合作为属性规则组。

笔者从电磁信息描述参数体系中偏底层、客观参数中选择属性规则组，能够满足 3.2 节对属性规则组的要求。从目标电磁参数和信号识别结果出发选择属性规则组，相比平台型号识别结果更底层，更能稳定区分电磁信息。接入数据来源客观表述数据本身的来源信息，能区别不同类别数据。属性规则组如表 1 所示。

表 1 属性规则组

维度	属性规则组	备注
接入数据来源	D. P. 平台 ID、传感器 ID	格式：A.B.C.D, ABCD 任意字段取 0 时表示本字段通配
	D. G. 引接系统 ID	格式：A.B.C, ABC 任意字段取 0 时表示本字段通配
目标电磁参数	测向角	格式：A~B, A<B
	频率	格式：A~B, A<B
	周期	格式：A~B, A<B
	脉宽	格式：A~B, A<B
	通信调制样式	格式：离散值, AM、FM、2FSK、MSK、BPSK、QPSK、8PSK
	通信带宽	格式：A~B, A<B
	时差	格式：A~B, A<B
	光电制导方式	格式：离散值, 雷达、红外、激光、毫米波、复合
	光电波长	格式：A~B, A<B
	激光编码位数	格式：A~B, A<B
红外辐射强度	格式：A~B, A<B	
信号识别结果	型号编码	格式：型号格式化代号

设某区间取值类型属性规则组内 2 个属性实例取值区间  $S_1$  和  $S_2$ ，满足式(2)时，属性实例不存在冲突；满足式(3)时，属性实例取值区间存在交叉冲突；满足式(4)时，属性实例取值区间存在冗余

包含。

$$S_1 \cap S_2 = \emptyset; \quad (2)$$

$$S_1 \cap S_2 \neq \emptyset \text{ 且 } S_1 \not\subseteq S_2, S_2 \not\subseteq S_1; \quad (3)$$

$$S_2 \subseteq S_1. \quad (4)$$

操作人员动态编辑区间类型属性规则组的不同属性实例，当满足式(2)时，判定为不同属性实例；满足式(4)时，丢弃  $S_2$  保留  $S_1$ ；满足式(3)时，为满足 1.1 节电磁专项态势尽可能保留态势数据的使用需求，合并取值区间。通过式(3)–(4)，可减少属性实例数量，降低国产 CPU 单核心计算负荷。

表中属性规则组从不同方面正交平等描述雷达、通信、光电等电磁信息，可以按照 3.2 节准则组合使用，属性规则组内部可由操作人员动态编辑多条属性实例，相比文献[2-5]直接编辑复杂程序逻辑脚本，能够降低人机交互编辑难度。当规则匹配实时过滤态势数据时，不需要检测冲突，属性规则组内的属性实例仅按式(1)比较判断截断，相比航天试验<sup>[1]</sup>、智能家居<sup>[6-7]</sup>或网络防火墙<sup>[8-10]</sup>先检测冲突再通过优先级规避冲突，可实现规则匹配阶段零检测冲突。

### 3.4 算法实现

过滤算法核心伪代码如表 2 所示，属性规则组的过滤通过状态使用 filterState 数组保存并依次编号，数组 filterRuleList 存储所有属性实例，filterRuleList[i].parameter 表示第  $i$  条属性实例所属的属性规则组。定义下列状态编码：0xFF 初始状态，0x00 未通过，0x01 通过，0x02 忽略。

属性规则组的状态迁移和执行图 4(a)中初始状态由表 2 中第 1~2 号初始化 filterState 数组设置，3~29 号向图 4(b)的属性规则组过滤 CPU 核心提交过滤任务，属性规则组过滤 CPU 核心按照式(1)并行执行属性实例截断判断，属性规则组过滤 CPU 核心完成判断后通过中断方式通知过滤控制核心，过滤控制核心执行 30~33 号按照式(1)对 filterState 数组统计，判断待过滤数据是否通过过滤。图 4(a)忽略和通过状态无法迁移由表 2 第 4~5 号判断实现。经过第 7~28 号后，若属性规则组是初始状态，那么迁移到忽略、通过、未通过、初始状态 4 种状态，否则若属性规则组是未通过状态，那么会迁移到通过或未通过状态。

本文中算法执行如图 4(b)所示，不同属性规则组内的属性实例过滤判断，全部运行于不同 CPU 单核心，电磁专项态势的最终过滤状态由执行过滤控

制流程的 CPU 单核心汇总, 属性规则组判断逻辑的单核心和过滤控制单核心之间通过中断方式发送通知, 避免耗时长线程/进程同步锁。

表 2 算法核心伪代码

编号	filterState 数组
1	for i=0 to N
2	filter State[i]=0xFF
3	for i=0 to N
4	if(filter State[filter Rule List[i].parameter]==x01   filter State[filter Rule List[i].parameter]==x02 )
5	go to 3.
6	Should Show=0xFF
7	if(filter Rule List[i].parameter==0)
8	should Show =filter SensorID()
9	elseif(filter Rule List[i].parameter==1)
10	Should Show =filter Source ID()
11	else if(filter Rule List[i].parameter==2)
12	Should Show =filter Angle()
13	else if(filter Rule List[i].parameter==3)
14	Should Show =filter Freq()
15	else if(filter Rule List[i].parameter==4)
16	Should Show =filter PRI()
17	else if(filter Rule List[i].parameter==5)
18	Should Show =filter PW()
19	else if(filter Rule List[i].parameter==6)
20	Should Show =filter Modulate()
21	else if(filter Rule List[i].parameter==7)
22	should Show =filter Band Width()
23	else if(filter Rule List[i].parameter==8)
24	should Show =filter TOD()
25	else if(filter Rule List[i].parameter==9)
26	should Show =filter ELNOT()
27	....
28	else End
29	filter State[filter Rule List[i].parameter]=should Show
30	for i=0 to N
31	if(filter State[i]==0x00)
32	Return false
33	Return true

设共有  $N$  种属性规则组, 属性规则组最多包含  $M$  条属性实例 (通常  $M < N$ ), 电磁专项态势

过滤算法按照传统单核心 CPU 串行执行算法复杂度  $O(MN)$ , 按照本文中针对国产化 CPU 优化后的算法, 复杂度为  $O(N)+O(N)+O(M)+O(N) \approx O(N)$ 。

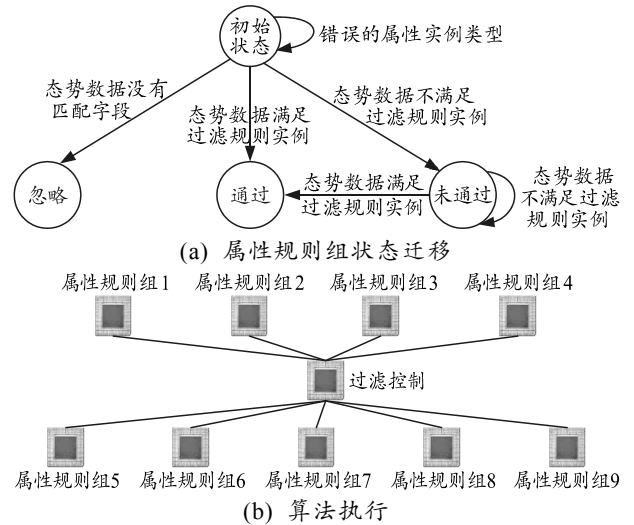


图 4 属性规则组的状态迁移和执行

### 4 实例分析

利用某工程项目系统, 使用模拟器仿真传感器、引接系统, 搭建的实验系统逻辑部署如图 5 所示。模拟器仿真 6 套传感器和 1 套引接系统, 引接系统持续输出 3 架飞机和 1 艘舰船的航迹。飞机搭载输出频率 9 355.33 MHz 辐射源, 舰船搭载输出频率 3 342.00 MHz 辐射源, 传感器侦察截获辐射源辐射电磁信号, 按照 2.2 节方式统一编号后进入协同控制子系统完成显示。

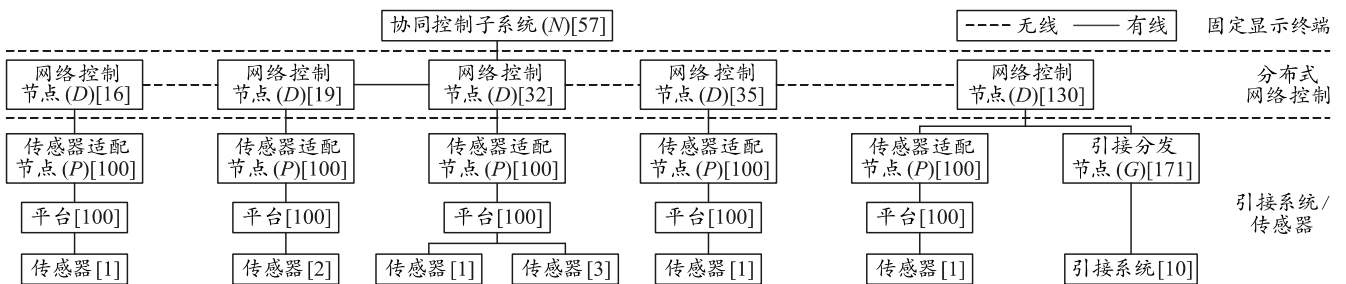


图 5 实验系统的逻辑部署

#### 4.1 设置过滤规则

在搭建的实验系统中, 创建电磁专项态势 1 和电磁专项态势 2, 过滤规则如图 6 所示。

#### 4.2 显示效果

完整电磁侦察态势如图 7 所示, 其中图 7(a)为完整电磁侦察态势地图, 包含传感器侦察数据和引接系统目标数据, 图 7(b)为传感器侦察数据表格, 显示电磁详细参数信息。电磁专项态势最终过滤效

果如图 8—9 所示, 2 个电磁侦察态势地图显示内容存在明显差异, 电磁专项态势 1 隐藏飞机载而仅显示舰船载辐射源的电磁信息, 电磁专项态势 2 隐藏舰船载而仅显示飞机载辐射源的电磁信息。从传感器侦察数据表进一步看出数据符合电磁专项态势过滤规则筛选, 图 8(b)表格只显示频率=3 342.00 MHz 电磁信息, 图 9(b)表格只显示频率=9 355.33 MHz 电磁信息。集成电磁专项态势的协同控制子系统通过第 3 方独立测试, 在不定时编辑电磁专项态势更

改过滤显示时，能连续稳定运行 52\*24 h。

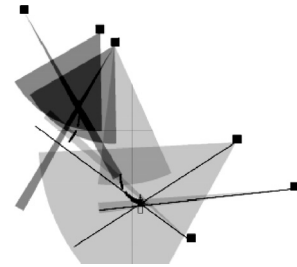


(a) 电磁专项态势 1



(b) 电磁专项态势 2

图 6 电磁专项态势

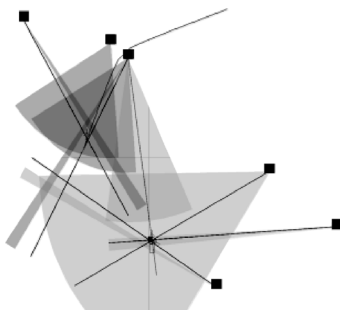


(a) 电磁专项态势 1 地图

靶号	创建时间	舰载次数	频率(MHz)	脉冲周期(us)	脉宽(us)	幅度(dB)	时延/DOA	仰角/俯角(度)
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:29	963	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.56度	0.51度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:30	871	3342.00	598.44	2.20	0.00	51.31度	0.40度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:04	1452	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.57度	0.52度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:30	964	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.61度	0.49度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:05	1453	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.37度	0.49度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:31	965	3342.00	598.44	2.20	0.00	94.60度	0.52度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:32	872	3342.00	598.44	2.20	0.00	50.86度	0.40度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:06	1454	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.52度	0.49度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:07	1455	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.88度	0.48度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:34	873	3342.00	598.44	2.20	0.00	50.13度	0.43度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:08	1456	3342.00	598.44	2.20	0.00	125.00度	0.51度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:35	966	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.60度	0.50度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:09	1457	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.83度	0.52度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:36	874	3342.00	598.44	2.20	0.00	50.91度	0.42度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:10	1458	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.61度	0.52度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:36	967	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.52度	0.50度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:11	1459	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.87度	0.53度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:37	968	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.29度	0.48度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:38	875	3342.00	598.44	2.20	0.00	50.73度	0.41度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:12	1460	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.21度	0.50度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:39	969	3342.00	598.44	2.20	0.00	95.25度	0.48度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:14	1461	3342.00	598.44	2.20	0.00	125.09度	0.52度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:40	876	3342.00	598.44	2.20	0.00	51.02度	0.48度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:40	970	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.61度	0.52度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:15	1462	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.61度	0.53度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:29:41	971	3342.00	598.44	2.20	0.00	94.95度	0.49度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:29:16	1463	3342.00	598.44	2.20	0.00	124.92度	0.54度
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:29:42	877	3342.00	598.44	2.20	0.00	51.43度	0.35度

(b) 电磁专项态势 1 表格

图 8 电磁专项态势

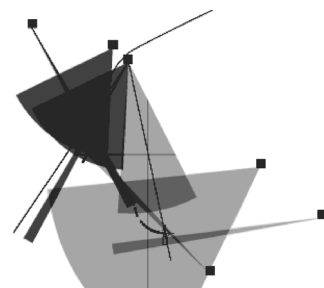


(a) 完整态势地图

靶号	创建时间	舰载次数	频率(MHz)	脉冲周期(us)	脉宽(us)	幅度(dB)	时延/DOA	仰角/俯角(度)
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:25:30	257	9355.33	5576.73	4.47	0.00	154.01度	0.40度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:30	544	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.90us	0.20us
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:00	1211	3342.00	598.44	2.20	0.00	120.91度	0.51度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:31	545	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.01us	0.19us
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:25:27	750	3342.00	598.44	2.20	0.00	52.48度	0.57度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:01	1212	3342.00	598.44	2.20	0.00	123.03度	0.54度
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:25:32	258	9355.33	5576.73	4.47	0.00	154.02度	0.39度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:32	546	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.83us	0.20us
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:02	1213	3342.00	598.44	2.20	0.00	122.18度	0.54度
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:25:28	831	9355.33	5576.73	4.47	0.00	208.29度	0.61度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:28	831	3342.00	598.44	2.20	0.00	93.97度	0.37度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:33	547	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.86us	0.21us
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:25:29	751	3342.00	598.44	2.20	0.00	52.89度	0.58度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:03	1214	3342.00	598.44	2.20	0.00	122.70度	0.56度
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:25:29	832	9355.33	5576.73	4.47	0.00	208.63度	0.63度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:29	832	3342.00	598.44	2.20	0.00	93.84度	0.38度
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:25:34	259	9355.33	5576.73	4.47	0.00	153.40度	0.40度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:34	548	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.77us	0.21us
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:04	1215	3342.00	598.44	2.20	0.00	122.96度	0.56度
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:25:30	833	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.07度	0.70度
016.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:30	833	3342.00	598.44	2.20	0.00	93.66度	0.36度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:35	549	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.82us	0.21us
035.101.100.001.00006	2020-10-10 17:25:31	752	3342.00	598.44	2.20	0.00	52.54度	0.59度
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:05	1216	3342.00	598.44	2.20	0.00	122.47度	0.56度
019.100.100.003.00007	2020-10-10 17:25:36	260	9355.33	5576.73	4.47	0.00	153.30度	0.41度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:36	550	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.76us	0.21us
130.100.100.001.00226	2020-10-10 17:25:06	1217	3342.00	598.44	2.20	0.00	121.96度	0.56度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:25:37	551	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-78.84us	0.20us

(b) 完整态势表格

图 7 完整态势



(a) 电磁专项态势 2 地图

靶号	创建时间	舰载次数	频率(MHz)	脉冲周期(us)	脉宽(us)	幅度(dB)	时延/DOA	仰角/俯角(度)
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:10	1116	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-60.09us	0.40us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:06	1150	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.24度	0.57度
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:11	547	9355.33	5576.73	4.47	0.00	147.53度	0.61度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:11	1117	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-60.14us	0.40us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:07	1151	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.46度	0.52度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:12	1118	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-60.04us	0.41us
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:13	548	9355.33	5576.73	4.47	0.00	147.53度	0.62度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:13	1119	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.98us	0.42us
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:14	1120	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.96us	0.42us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:10	1152	9355.33	5576.73	4.47	0.00	210.49度	0.57度
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:15	549	9355.33	5576.73	4.47	0.00	146.53度	0.62度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:15	1121	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-60.06us	0.41us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:11	1153	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.86度	0.53度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:16	1122	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.71us	0.41us
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:17	550	9355.33	5576.73	4.47	0.00	146.82度	0.62度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:17	1123	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.94us	0.40us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:13	1154	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.20度	0.53度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:18	1124	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.20us	0.41us
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:19	551	9355.33	5576.73	4.47	0.00	146.37度	0.61度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:19	1125	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.89us	0.41us
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:20	1126	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.71us	0.40us
032.100.100.003.00007	2020-10-10 17:35:21	552	9355.33	5576.73	4.47	0.00	146.65度	0.61度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:21	1127	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.65us	0.38us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:17	1155	9355.33	5576.73	4.47	0.00	209.22度	0.56度
032.100.100.001.00005	2020-10-10 17:35:22	1128	9355.33	5576.73	4.47	0.00	-59.58us	0.38us
019.100.100.002.00009	2020-10-10 17:35:18	1156	9355.33	5576.73	4.47	0.00	208.86度</	

### 5 结束语

精细化显示的电磁侦察态势可以提高操作人员的作业效率。笔者分析操作人员对电磁侦察态势的使用需求和部署系统的国产硬件特点；针对使用需求提出动态编辑的电磁专项态势过滤显示技术，通过确定属性规则组自动规避冲突准则并选择电磁信息参数描述体系中底层客观的参数作为属性规则组，实现过滤规则匹配阶段零检测冲突；依据自动规则冲突准则和零检测冲突原则，实现针对国产硬件特点优化的电磁专项态势过滤算法，并分析算法执行流程和复杂度；通过工程项目系统验证所提电磁专项态势过滤算法的过滤效果，结果表明，笔者所提技术可以避免传统方法在规则匹配阶段的冲突检测和依赖优先级规避冲突等问题。

#### 参考文献：

[1] 段慧芬, 伍辉华, 张德华, 等. 规则引擎在指挥显示系统中的应用[J]. 兵工自动化, 2017, 36(8): 80-83.  
 [2] 冯悦, 孙永荣, 赵科东, 等. ARINC661 座舱显示总线数据过滤技术研究[J]. 电光与控制, 2017, 24(12): 47-50.

\*\*\*\*\*

(上接第 4 页)

通过对该飞行器系统进行半实物仿真，可得该平台舵机舵 1 的指令与理论值曲线如图 7 所示。

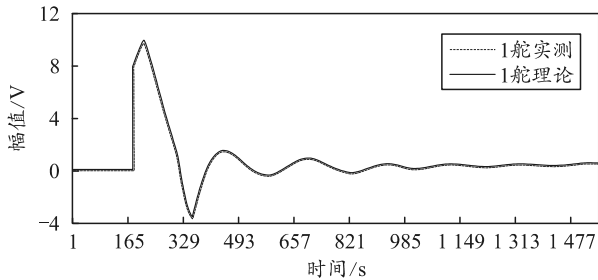


图 7 舵机舵 1 指令实测与理论值曲线

由上图可以看出：一体化平台输出的舵机指令和舵指令理论值吻合，舵指令解算误差小于 5 mV，导引、导航功能正常，满足导弹控制系统控制精度要求。

### 6 结束语

笔者采用多 CPU 主协处理器方案设计 1 款工程

[3] 宛海宁, 陈洪辉, 陈涛. 基于过滤的态势信息分发方法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(1): 197-199.  
 [4] 张明杰, 王静平. 态势实时显示与回放系统的设计与实现[J]. 指挥控制与仿真, 2019, 41(1): 112-119.  
 [5] 杨伦, 陈彬, 黄健, 等. 作战仿真中通用二维态势显示系统研究[J]. 兵工自动化, 2007, 26(12): 37-38.  
 [6] 黄晓辉, 李栋, 石海龙, 等. 面向智能家居的规则匹配与冲突消除方法[J]. 计算机研究与发展, 2017, 54(12): 2711-2720.  
 [7] 王翔凯. 智能家居系统规则冲突检测机制的研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.  
 [8] 李贵龙. 防火墙配置规则冲突检测关键技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2014.  
 [9] 罗谦, 唐常杰, 郑皎凌, 等. 基于多槽分桶的快速规则冲突检测算法[J]. 电子科技大学学报, 2012, 41(3): 447-452.  
 [10] 李林. 防火墙规则集关键技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008.  
 [11] ERIC E. 领域驱动设计[M]. 赵俐, 盛海艳, 刘霞, 等, 译. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 267-272.  
 [12] VAUGHN V. 实现领域驱动设计[M]. 腾云, 译. 1 版. 北京: 电子工业出版社, 2014: 110-114.

实用的弹载一体化平台，该平台结构紧凑、可靠性强、控制精度高，目前已通过多次飞行试验考核。试验结果表明：一体化平台工作正常、性能稳定，满足导弹控制系统设计要求。

#### 参考文献：

[1] 董晶. 模板图像快速可靠匹配技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2015.  
 [2] 王升哲, 唐中和, 郭航. 基于 SOC 架构的智能图像处理和外设控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021(4): 90-109.  
 [3] 胡江涛. 面向飞腾 DSP 的模板匹配算法的实现与优化[D]. 郑州: 郑州大学, 2020.  
 [4] 刘浩楠. AD9643 的多通道采样板设计[J]. 电子世界, 2021(10): 168-169.  
 [5] 陆俊峰. 基于复用的数字集成电路设计关键技术研究[J]. 电子技术与软件工程, 2020(22): 41-42.  
 [6] 陈坤. 基于 SOC 的图像压缩和目标跟踪模块设计[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.