



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113740849 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 03

(21) 申请号 202111266917.2

(22) 申请日 2021.10.29

(71) 申请人 中国电子科技集团公司信息科学研  
究院

地址 100086 北京市海淀区四道口北街36  
号院4号楼

(72) 发明人 葛建军 刘光宏 王欢 武艳伟

(74) 专利代理机构 北京中知法苑知识产权代理  
有限公司 11226

代理人 李明 赵吉阳

(51) Int. Cl.

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 7/42 (2006.01)

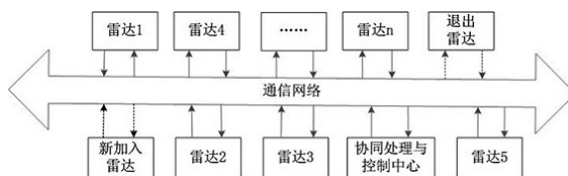
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种多雷达自组织协同探测系统及方法

(57) 摘要

本公开涉及雷达探测技术领域,公开了一种多雷达自组织协同探测系统及方法。所述系统包括通信网络、与通信网络通信连接的协同处理与控制中心及动态接入通信网络的多个雷达;雷达接收回波信号,从中提取出预设的多层级数据;协同处理与控制中心接收各雷达发送的多层级数据,联合处理各多层级数据,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号,根据动态生成的任务需求确定多个雷达的最优系统构型和信号协同处理方式,生成控制指令;通信网络实现各雷达与协同处理与控制中心的信息实时传输和时空同步;雷达还根据控制指令调整工作参数,以形成最优系统构型,按信号协同处理方式协同探测。本公开解决了复杂环境下新型威胁目标的探测问题。



1. 一种多雷达自组织协同探测系统,其特征在于,所述系统包括通信网络、与所述通信网络通信连接的协同处理与控制中心、以及动态接入所述通信网络的多个雷达,其中,

所述雷达,用于接收回波信号,并从所述回波信号中提取出预设的多层级数据;

所述协同处理与控制中心,用于接收各所述雷达发送的所述多层级数据,并对各所述多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号,以及,根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令;

所述通信网络,用于实现各所述雷达与所述协同处理与控制中心的信息实时传输和时空同步;

所述雷达,还用于根据所述控制指令调整工作参数,以形成所述最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述协同处理与控制中心包括环境认知与协同抗干扰模块,

所述环境认知与协同抗干扰模块,用于根据所述多层级数据中目标回波信号和干扰信号在所述多个雷达间的时延和多普勒差异,采用多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法,保留所述目标回波信号,同时抑制所述干扰信号。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述环境认知与协同抗干扰模块,具体用于:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层级数据进行干扰信号对齐;

对干扰信号对齐后的各所述多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消;

对同源干扰信号自适应对消后的各所述多层级数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各所述多层级数据对应的各所述目标回波信号。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述协同处理与控制中心还包括联合检测与跟踪模块和/或协同定位模块,其中,

所述联合检测与跟踪模块,用于:

采用统一栅格映射的方法对各所述多层级数据进行处理,以实现空时配准;

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理,以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹;以及,

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现所述探测目标的检测和跟踪;

所述协同定位模块,用于:

对各所述多层级数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号;

利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号,得到目标基带回波信号;

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面;

根据最大似然估计准则,对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值;

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面,输出所述探测目标的数量及位置估计值。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的系统,其特征在于,所述协同处理与控制中心还包括资源动态优化与管控模块,

所述资源动态优化与管控模块,用于根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务;根据所述探测任务,评估所述探测任务对应的能力指标需求;基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数,建立多目标动态优化模型,并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数,生成所述控制指令;

所述不同类型的探测任务包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者;

所述能力指标需求包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者;

所述雷达的工作参数包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

6. 一种多雷达自组织协同探测方法,其特征在于,所述方法包括:

接收多个回波信号,并分别从每个所述回波信号中提取出预设的多层级数据;

对各所述多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号;

根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令;

根据所述控制指令,调整所述多个雷达的工作参数,以使所述多个雷达形成所述最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述对各所述多层级数据进行联合处理,包括:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层级数据进行干扰信号对齐;

对干扰信号对齐后的各所述多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消;

对同源干扰信号自适应对消后的各所述多层级数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各所述多层级数据对应的各所述目标回波信号。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述对各所述多层级数据进行联合处理,还包括:

采用统一栅格映射的方法对各所述多层级数据进行处理,以实现空时配准;

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理,以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹;以及,

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现所述探测目标的检测和跟踪。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述对各所述多层级数据进行联合处理,还包括:

对各所述多层级数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号;

利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号,得到目标基带回波信号;

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面;

根据最大似然估计准则,对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值;

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面,输出所述探测目标的数量及位置估计值。

10. 根据权利要求6至9任一项所述的方法,其特征在于,所述根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令,包括:

根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务;

根据所述探测任务,评估所述探测任务对应的能力指标需求;

基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数,建立多目标动态优化模型,并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数,生成所述控制指令;

所述不同类型的探测任务包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者;

所述能力指标需求包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者;

所述雷达的工作参数包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

## 一种多雷达自组织协同探测系统及方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及雷达探测技术领域,特别涉及一种多雷达自组织协同探测系统及方法。

### 背景技术

[0002] 长期以来,预警探测系统的发展以单基地雷达的研制为主,主要集中在情报收集、数据融合、态势生成等层面。然而,现有技术并不能有效组织系统的各种资源以实现探测效能的最大化。

[0003] 另外,面对日益发展的各类目标的威胁、复杂电磁环境以及作战样式的变化,预警探测系统中的单基地雷达很难具备体系对抗能力。同时,从预警探测系统对体系作战的支撑要求上来看,其功能由早期的预警、探测任务,正在向定位、分辨、识别等更高要求发展。

[0004] 因此,如何跳出单基地雷达收发同站的布局形态和后向散射探测机理,解决复杂环境下新型威胁目标的探测问题,成为本领域亟待解决的问题。

### 发明内容

[0005] 本公开旨在至少解决现有技术中存在的问题之一,提供一种多雷达自组织协同探测系统及方法。

[0006] 本公开的一个方面,提供了一种多雷达自组织协同探测系统,所述系统包括通信网络、与所述通信网络通信连接的协同处理与控制中心、以及动态接入所述通信网络的多个雷达,其中,

所述雷达,用于接收回波信号,并从所述回波信号中提取出预设的多层级数据;

所述协同处理与控制中心,用于接收各所述雷达发送的所述多层级数据,并对各所述多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号,以及,根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令;

所述通信网络,用于实现各所述雷达与所述协同处理与控制中心的信息实时传输和时空同步;

所述雷达,还用于根据所述控制指令调整工作参数,以形成所述最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测。

[0007] 可选的,所述协同处理与控制中心包括环境认知与协同抗干扰模块,

所述环境认知与协同抗干扰模块,用于根据所述多层级数据中目标回波信号和干扰信号在所述多个雷达间的时延和多普勒差异,采用多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法,保留所述目标回波信号,同时抑制所述干扰信号。

[0008] 可选的,所述环境认知与协同抗干扰模块,具体用于:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层级数据进行干扰信号对齐;

对于干扰信号对齐后的各所述多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应抵消；

对同源干扰信号自适应抵消后的各所述多层级数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除，抑制抵消过程中引入的虚假目标，得到与各所述多层级数据对应的各所述目标回波信号。

[0009] 可选的，所述协同处理与控制中心还包括联合检测与跟踪模块和/或协同定位模块，其中，

所述联合检测与跟踪模块，用于：

采用统一栅格映射的方法对各所述多层级数据进行处理，以实现空时配准；

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据，利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理，以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹；以及，

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据，采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理，以实现所述探测目标的检测和跟踪；

所述协同定位模块，用于：

对各所述多层级数据进行匹配滤波预处理，得到对应的基带回波信号；

利用目标位置先验信息选择定位区域，并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号，得到目标基带回波信号；

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算，通过遍历搜索空间，生成联合似然函数值平面；

根据最大似然估计准则，对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值；

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面，输出所述探测目标的数量及位置估计值。

[0010] 可选的，所述协同处理与控制中心还包括资源动态优化与管控模块，

所述资源动态优化与管控模块，用于根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务；根据所述探测任务，评估所述探测任务对应的能力指标需求；基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数，建立多目标动态优化模型，并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数，生成所述控制指令；

所述不同类型的探测任务包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者；

所述能力指标需求包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者；

所述雷达的工作参数包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

[0011] 本公开的另一个方面，提供了一种多雷达自组织协同探测方法，所述方法包括：

接收多个回波信号，并分别从每个所述回波信号中提取出预设的多层级数据；

对各所述多层级数据进行联合处理，确定出探测目标的目标环境和电磁环境，生成预警信号；

根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式，并生成控制指令；

根据所述控制指令，调整所述多个雷达的工作参数，以使所述多个雷达形成所述

最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测。

[0012] 可选的,所述对各所述多层级数据进行联合处理,包括:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层级数据进行干扰信号对齐;

对干扰信号对齐后的各所述多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消;

对同源干扰信号自适应对消后的各所述多层级数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各所述多层级数据对应的各所述目标回波信号。

[0013] 可选的,所述对各所述多层级数据进行联合处理,还包括:

采用统一栅格映射的方法对各所述多层级数据进行处理,以实现空时配准;

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理,以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹;以及,

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现所述探测目标的检测和跟踪。

[0014] 可选的,所述对各所述多层级数据进行联合处理,还包括:

对各所述多层级数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号;

利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号,得到目标基带回波信号;

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面;

根据最大似然估计准则,对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值;

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面,输出所述探测目标的数量及位置估计值。

[0015] 可选的,所述根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令,包括:

根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务;

根据所述探测任务,评估所述探测任务对应的能力指标需求;

基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数,建立多目标动态优化模型,并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数,生成所述控制指令;

所述不同类型的探测任务包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者;

所述能力指标需求包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者;

所述雷达的工作参数包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

[0016] 本公开相对于现有技术而言,立足雷达分布式的收发布局形态,利用多向散射探测机理,借助于通信网络、大数据处理等,形成全新形态的多雷达自组织协同探测系统,所述系统包括通信网络、与通信网络通信连接的协同处理与控制中心以及动态接入通信网络

的多个雷达,从而跳出了单基地雷达收发同站的布局形态和后向散射探测机理,解决了复杂环境下新型威胁目标的探测问题,能够动态组织和利用分散部署的多雷达资源,通过多个雷达的密切协作,共同应对复杂电磁环境,汇集目标多向散射能量,探测多样化目标,实现多站一体和协同增效的新形态探测系统。此外,本实施方式公开的多雷达自组织协同探测系统,采用扁平化的系统架构,提高了系统的鲁棒性和自组织能力。同时,系统采用闭环运行流程,能够大幅提升系统的环境适应能力和反应能力。

### 附图说明

[0017] 一个或多个实施方式通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明,这些示例性说明并不构成对实施方式的限定,附图中具有相同参考数字标号的元件表示为类似的元件,除非有特别申明,附图中的图不构成比例限制。

[0018] 图1为本公开一实施方式提供的一种多雷达自组织协同探测系统的架构示意图;  
图2为本公开另一实施方式提供的一种多雷达自组织协同探测系统的运行流程图;

图3为本公开另一实施方式提供的环境认知与协同抗干扰模块的工作流程图;

图4为本公开另一实施方式提供的联合检测与跟踪模块的工作流程图;

图5为本公开另一实施方式提供的协同定位模块的工作流程图;

图6为本公开另一实施方式提供的资源动态优化与管控模块的工作流程图;

图7为本公开另一实施方式提供的单部雷达的探测范围示意图;

图8为本公开另一实施方式提供的多雷达自组织协同探测系统的探测范围示意图;

图9为本公开另一实施方式提供的一种多雷达自组织协同探测方法的流程图。

### 具体实施方式

[0019] 为使本公开实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本公开的各实施方式进行详细的阐述。然而,本领域的普通技术人员可以理解,在本公开各实施方式中,为了使读者更好地理解本申请而提出了许多技术细节。但是,即使没有这些技术细节和基于以下各实施方式的种种变化和修改,也可以实现本申请所要求保护的技术方案。以下各个实施方式的划分是为了描述方便,不应对本公开的具体实现方式构成任何限定,各个实施方式在不矛盾的前提下可以相互结合相互引用。

[0020] 本公开的一个实施方式涉及一种多雷达自组织协同探测系统,如图1所示,所述系统包括通信网络、与所述通信网络通信连接的协同处理与控制中心、以及动态接入所述通信网络的多个雷达。多个雷达和协同处理与控制中心基于通信网络组成扁平化系统架构。

[0021] 多个雷达可以包括雷达1、雷达2、雷达3、雷达4、雷达5、……、雷达n(n为正整数),以及动态接入通信网络的新加入雷达和动态退出通信网络的退出雷达。所述雷达,可以用于接收回波信号,并从回波信号中提取出预设的多层级数据。即,多个雷达可以采用开放式体系架构,接收探测目标的回波信号,按照任务需求实时提供信号级、数据级等多层级数据。多个雷达还可以被协同处理与控制中心远程动态调度与控制,以根据任务需求动态调整工作参数。



[0022] 所述协同处理与控制中心,可以用于接收各雷达发送的多层级数据,并对各多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号,以及,根据动态生成的任务需求确定多个雷达的最优系统构型和多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令。

[0023] 所述雷达,还可以用于根据控制指令调整工作参数,以形成所述最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测,以动态认知探测目标的目标环境和电磁环境。

[0024] 所述通信网络,可以用于实现各雷达与协同处理与控制中心的信息实时传输和时空同步。例如,通信网络可以采用高速大容量有线专网来实现各雷达与协同处理与控制中心之间的信息实时传输和高精度时空同步。

[0025] 下面结合图2,对图1所示的多雷达自组织协同探测系统的闭环运行流程进行说明。

[0026] 如图2所示,空间分布的多个雷达即雷达1至雷达n将信号级、数据级等多层级数据动态发送给协同处理与控制中心。协同处理与控制中心动态接收各个雷达发送的多层级数据,并对各多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号,以对目标环境和电磁环境进行动态认知。同时,协同处理与控制中心还根据动态生成的任务需求,确定利用多向散射信号的最优系统构型和信号协同处理方式即多个雷达的最优系统构型和信号协同处理方式,并生成控制指令,将最优工作参数发送至多个雷达。多个雷达根据控制指令中的最优工作参数,自适应调整工作参数,以形成最优系统构型,并按照信号协同处理方式进行协同探测,从而实现复杂电磁环境下的目标联合检测与跟踪、高精度定位、协同抗干扰等功能。

[0027] 本公开实施方式相对于现有技术而言,立足雷达分布式的收发布局形态,利用多向散射探测机理,借助于通信网络、大数据处理等,形成全新形态的多雷达自组织协同探测系统,所述系统包括通信网络、与通信网络通信连接的协同处理与控制中心以及动态接入通信网络的多个雷达,从而跳出了单基地雷达收发同站的布局形态和后向散射探测机理,解决了复杂环境下新型威胁目标的探测问题,能够动态组织和利用分散部署的多雷达资源,通过多个雷达的密切协作,共同应对复杂电磁环境,汇集目标多向散射能量,探测多样化目标,实现多站一体和协同增效的新形态探测系统。此外,本实施方式公开的多雷达自组织协同探测系统,采用扁平化的系统架构,提高了系统的鲁棒性和自组织能力。同时,系统采用闭环运行流程,能够大幅提升系统的环境适应能力和反应能力。

[0028] 示例性的,如图2所示,所述协同处理与控制中心包括环境认知与协同抗干扰模块。

[0029] 所述环境认知与协同抗干扰模块,用于根据所述多层级数据中目标回波信号和干扰信号在所述多个雷达间的时延和多普勒差异,采用多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法,保留所述目标回波信号,同时抑制所述干扰信号。

[0030] 具体的,由于多层级数据与雷达接收的回波信号相对应,回波信号中包括目标回波信号和干扰信号,而目标回波信号和干扰信号在多个雷达间存在时延和多普勒差异,因此,通过采用多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法,即可保留目标回波信号,同时抑制干扰信号。

[0031] 本实施方式通过采用多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法,对多层级数据进

行联合处理,保留回波信号中的目标回波信号,同时抑制干扰信号,实现了复杂电磁环境下的协同抗干扰功能。

[0032] 示例性的,所述环境认知与协同抗干扰模块,具体用于:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层级数据进行干扰信号对齐;

对干扰信号对齐后的各所述多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消;

对同源干扰信号自适应对消后的各所述多层级数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各所述多层级数据对应的各所述目标回波信号。

[0033] 具体的,下面结合图3对环境认知与协同抗干扰模块的工作流程进行说明。

[0034] 如图3所示,首先进行干扰数据对齐,即利用多站采样信号即雷达 $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )接收的回波信号之间的互相关最大化,对各回波信号对应的各多层级数据进行干扰信号对齐。之后进行干扰信号对消,即对干扰信号对齐后的各多层级数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消。之后进行脉冲压缩和二次目标剔除,即对同源干扰信号自适应对消后的各多层级数据依次进行匹配滤波脉冲压缩和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各多层级数据对应的纯净的目标回波信号。

[0035] 本实施方式通过环境认知与协同抗干扰模块进行依次干扰数据对齐、干扰信号对消、脉冲压缩和二次目标剔除,使得环境认知与协同抗干扰模块能够通过多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法对多节点信息进行联合处理,分离干扰信号,实现主瓣干扰对消,从而大幅提升了系统的抗干扰能力。

[0036] 示例性的,如图2所示,所述协同处理与控制中心还包括联合检测与跟踪模块和/或协同定位模块,其中,

所述联合检测与跟踪模块,用于:

采用统一栅格映射的方法对各所述多层级数据进行处理,以实现空时配准;

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理,以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹;以及,

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层级数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现所述探测目标的检测和跟踪。

[0037] 具体的,下面结合图4对联合检测与跟踪模块的工作流程进行说明。

[0038] 如图4所示,首先采用统一栅格映射的方法对各雷达提供的多层级数据进行处理,以实现空时配准。之后,对采用统一栅格映射的方法处理后的各多层级数据即实现空时配准后的各多层级数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法处理,以对探测目标进行协同探测和跟踪并生成探测目标的航迹。同时,对采用统一栅格映射的方法处理后的各多层级数据即实现空时配准后的各多层级数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现探测目标的检测和跟踪,得到探测目标的数量、位置等目标信息。通过探测目标的数量、位置等信息,还可以得到探测目标的航迹。

[0039] 联合检测与跟踪模块通过首先对来自不同雷达节点的多层级数据进行空时配准,

并采用协同检测跟踪技术和检测跟踪一体化技术进行处理,得到探测目标的目标信息,实现了对探测目标的联合检测和高精度跟踪,提升了系统的检测能力和跟踪能力。

[0040] 所述协同定位模块,用于:

对各所述多层级数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号;

利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号,得到目标基带回波信号;

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面;

根据最大似然估计准则,对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值;

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面,输出所述探测目标的数量及位置估计值。

[0041] 具体的,下面结合图5对协同定位模块的工作流程进行说明。

[0042] 如图5所示,首先对各多层级数据进行匹配滤波预处理,即对多节点信号级数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号。之后,分别进行定位区域选定和信号级数据截取,即利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据定位区域截取各基带回波信号,得到各目标基带回波信号即根据定位区域截取出的各基带回波信号。之后,依次进行目标位置联合似然函数计算和最优目标位置估计,即对各目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面,根据最大似然估计准则,对联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到联合似然函数值平面的最大值。例如,可以采用栅格搜索、遗传算法、牛顿迭代等。最后进行数据平面调整,即通过镜像目标干扰消除调整联合似然函数值平面,输出探测目标的数量及位置估计值等目标位置信息。

[0043] 协同定位模块通过利用目标位置先验信息对各多层级数据进行信号级数据截取、目标位置联合似然函数计算、位置估计等处理,输出探测目标的数量及位置估计值等目标位置信息,实现了对探测目标的高精度定位,提升了系统的定位能力。

[0044] 示例性的,如图2所示,所述协同处理与控制中心还包括资源动态优化与管控模块。

[0045] 所述资源动态优化与管控模块,用于根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务;根据所述探测任务,评估所述探测任务对应的能力指标需求;基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数,建立多目标动态优化模型,并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数,生成所述控制指令。

[0046] 其中,不同类型的探测任务可以包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者。能力指标需求可以包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者。雷达的工作参数可以包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

[0047] 具体的,下面结合图6对资源动态优化与管控模块的工作流程进行说明。

[0048] 如图6所示,资源动态优化与管控模块首先根据态势感知的目标环境和电磁环境进行探测任务生成,生成探测任务区域搜索、目标定位、协同跟踪中的一者或多者。之后根据生成的探测任务,进行任务能力需求评估,对能力指标需求覆盖率、定位精度、跟踪精度中的一者或多者进行评估。之后基于能力指标需求、多雷达节点构成的系统拓扑构型、雷达

节点资源参数即雷达1至雷达n的参数空间,进行多目标动态优化模型构建,以建立多目标多约束条件的高维资源优化管控模型。通过优化模型快速求解即快速优化算法分别解算出系统及各雷达节点的工作频率、带宽、波束指向、发射波形等工作参数,作为系统及雷达的最优工作参数,并生成控制指令,以对系统进行动态管控。

[0049] 资源动态优化与管控模块通过利用多目标动态优化模型,可以对雷达节点的频率、极化、波形、功率等要素进行动态调控,从而使系统具备体系化探测能力,提升系统性能及适应能力,最大程度发挥系统的探测性能。

[0050] 如图2所示,协同处理与控制中心除可以包括上述环境认知与协同抗干扰模块、联合检测与跟踪模块、协同定位模块、资源动态优化与管控模块外,还可以通过任务管理模块对动态生成的探测任务进行增删改查等管理,以对探测任务进行调整。协同处理与控制中心还可以设置包括知识库、规则库、模型库等的数据库,以供资源动态优化与管控模块、任务管理模块等模块使用,辅助各模块完成相应的功能。

[0051] 为使本领域技术人员能够更好地理解上述内容,下面以一具体示例为例进行说明。

[0052] 在给定的某仿真场景下,设定探测目标类型为F-22隐身飞机,飞行方向自北向南,高度为20km。

[0053] 以某型米波三坐标雷达为雷达节点,该单部雷达工作在VHF(Very high frequency,甚高频)波段,水平极化,坐标为(0 km,0 km,0.02 km),则该单部雷达对F-22隐身飞机的探测威力覆盖范围如图7所示。从图7中可以看出,上述单部雷达对F-22隐身飞机的探测覆盖范围不再是一个圆形区域,而是和探测目标的姿态、散射特性相关的不规则区域。

[0054] 以多雷达自组织协同探测系统包括4部雷达为例,每部雷达的坐标分别为(-200 km,0 km,0.02 km)、(-100 km,0 km,0.02 km)、(100 km,-75 km,0.02 km)、(200 km,75 km,0.02 km),系统采用多发多收模式进行信号级联合检测与跟踪,则在[-800 km,800 km;-800 km,600 km]区域范围内,系统对隐身目标F-22隐身飞机的探测威力覆盖范围如图8所示。从图8中可以看出,上述多雷达自组织协同探测系统利用目标的多向散射特性,提高了对隐身目标的探测覆盖范围。

[0055] 本公开的另一个实施方式涉及一种多雷达自组织协同探测方法,其流程如图9所示,包括:

步骤901,接收多个回波信号,并分别从每个所述回波信号中提取出预设的多层级数据。

[0056] 步骤902,对各所述多层级数据进行联合处理,确定出探测目标的目标环境和电磁环境,生成预警信号;

步骤903,根据动态生成的任务需求确定所述多个雷达的最优系统构型和所述多个雷达的信号协同处理方式,并生成控制指令;

步骤904,根据所述控制指令,调整所述多个雷达的工作参数,以使所述多个雷达形成所述最优系统构型,并按照所述信号协同处理方式进行协同探测。

[0057] 本公开实施方式相对于现有技术而言,跳出了单基地雷达收发同站的布局形态和后向散射探测机理,解决了复杂环境下新型威胁目标的探测问题,能够动态组织和利用分

散部署的多雷达资源,通过多个雷达的密切协作,共同应对复杂电磁环境,汇集目标多向散射能量,探测多样化目标,实现多站一体和协同增效的新形态协同探测,提高鲁棒性和自组织能力,并大幅提升环境适应能力和反应能力。

[0058] 示例性的,步骤902可以包括:

根据各所述回波信号之间的互相关最大化,对各所述多层次数据进行干扰信号对齐;

对干扰信号对齐后的各所述多层次数据以对剩余能量最小化进行同源干扰信号自适应对消;

对同源干扰信号自适应对消后的各所述多层次数据通过匹配滤波脉压和二次目标剔除,抑制对消过程中引入的虚假目标,得到与各所述多层次数据对应的各所述目标回波信号。

[0059] 本实施方式通过依次进行干扰数据对齐、干扰信号对消、脉冲压缩和二次目标剔除,使得能够通过多站采样信号对消的协同抗主瓣干扰方法对多节点信息进行联合处理,分离干扰信号,实现主瓣干扰对消,从而大幅提升抗干扰能力。

[0060] 示例性的,步骤902还可以包括:

采用统一栅格映射的方法对各所述多层次数据进行处理,以实现空时配准;

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层次数据,利用基于多假设检验的目标运动位置补偿法进行处理,以对所述探测目标进行协同检测并生成所述探测目标的航迹;以及,

对采用统一栅格映射的方法处理后的各所述多层次数据,采用基于粒子滤波的多站点检测跟踪一体化技术进行处理,以实现所述探测目标的检测和跟踪。

[0061] 本实施方式通过首先对来自不同雷达节点的多层次数据进行空时配准,并采用协同检测跟踪技术和检测跟踪一体化技术进行处理,得到探测目标的目标信息,实现了对探测目标的联合检测和高精度跟踪,提升了检测能力和跟踪能力。

[0062] 示例性的,步骤902还可以包括:

对各所述多层次数据进行匹配滤波预处理,得到对应的基带回波信号;

利用目标位置先验信息选择定位区域,并根据所述定位区域截取各所述基带回波信号,得到目标基带回波信号;

对各所述目标基带回波信号进行联合似然函数值计算,通过遍历搜索空间,生成联合似然函数值平面;

根据最大似然估计准则,对所述联合似然函数值平面进行过门限处理并搜索得到所述联合似然函数值平面的最大值;

通过镜像目标干扰消除调整所述联合似然函数值平面,输出所述探测目标的数量及位置估计值。

[0063] 通过利用目标位置先验信息对各多层次数据进行信号级数据截取、目标位置联合似然函数计算、位置估计等处理,输出探测目标的数量及位置估计值等目标位置信息,实现了对探测目标的高精度定位,提升了定位能力。

[0064] 示例性的,步骤903可以包括:

根据所述目标环境和所述电磁环境生成不同类型的探测任务;

根据所述探测任务,评估所述探测任务对应的能力指标需求;

基于所述能力指标需求、所述系统的拓扑构型和各所述雷达的资源参数,建立多目标动态优化模型,并通过快速优化算法分别解算出所述系统及各所述雷达的工作参数,生成所述控制指令;

所述不同类型的探测任务包括区域搜索、目标定位、协同跟踪中的至少一者;

所述能力指标需求包括覆盖率、定位精度、跟踪精度中的至少一者;

所述雷达的工作参数包括工作频率、带宽、波束指向和发射波形中的至少一者。

[0065] 通过利用多目标动态优化模型,可以对雷达节点的频率、极化、波形、功率等要素进行动态调控,具备了体系化探测能力,提升了系统性能及适应能力,能够最大程度发挥探测性能。

[0066] 本公开实施方式提供的多雷达自组织协同探测方法的具体内容,可以参见本公开实施方式提供的多雷达自组织协同探测系统的工作流程所述,此处不再赘述。

[0067] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本公开的具体实施方式,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本公开的精神和范围。

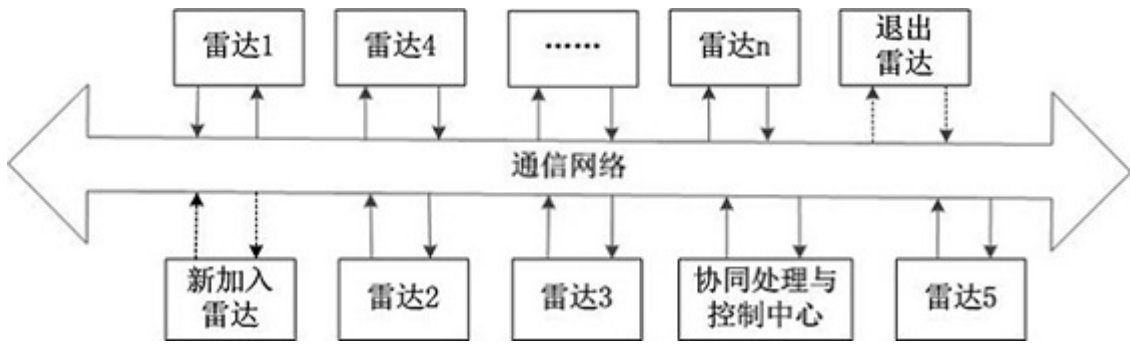


图1

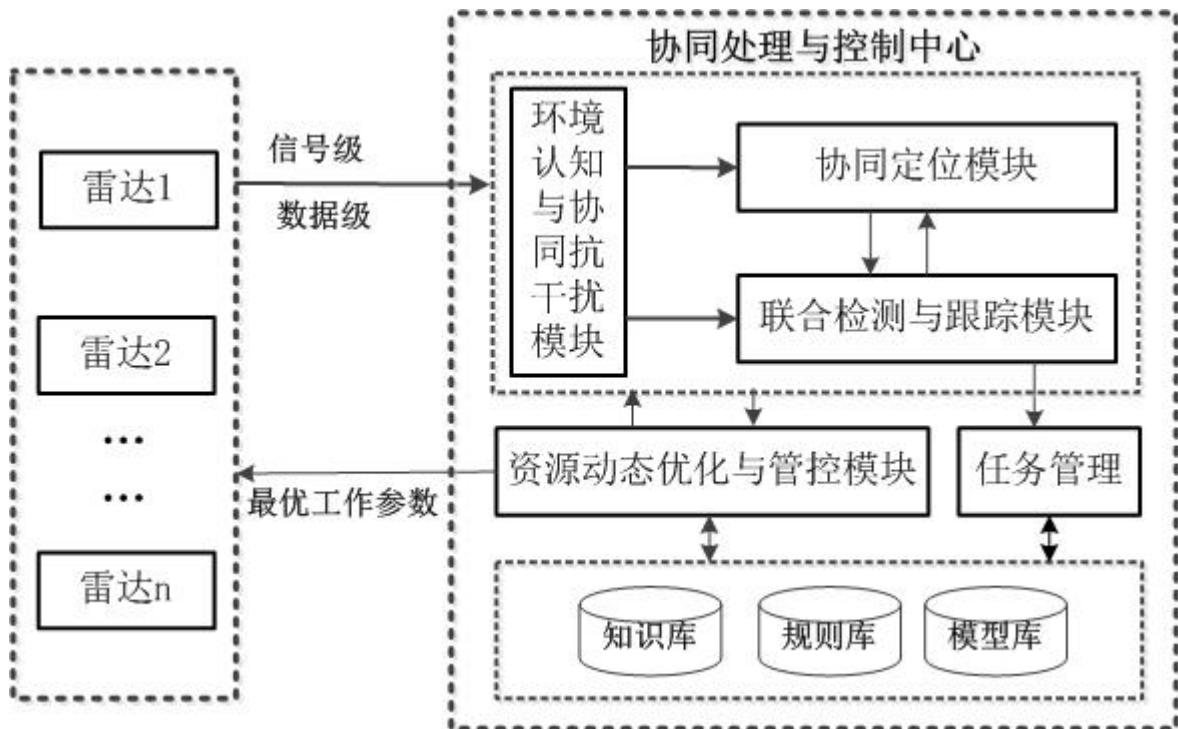


图2

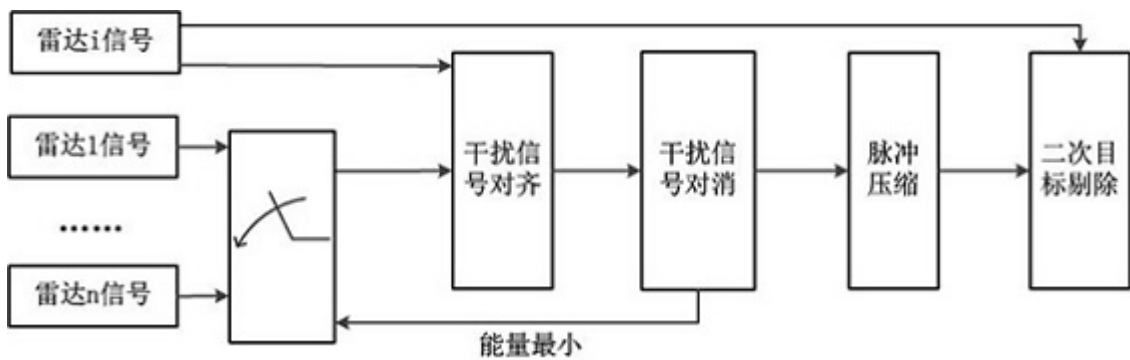


图3

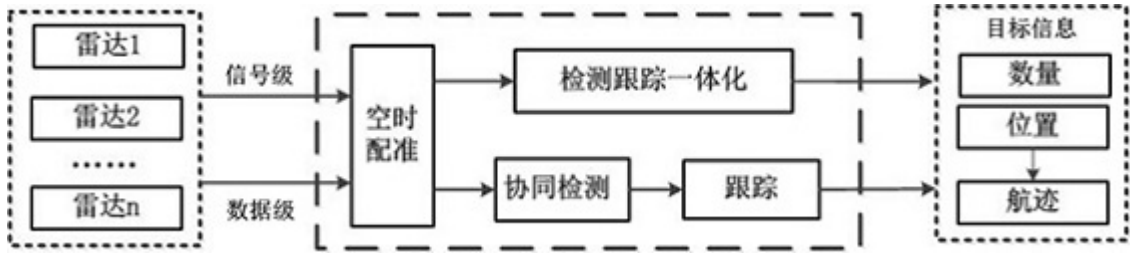


图4

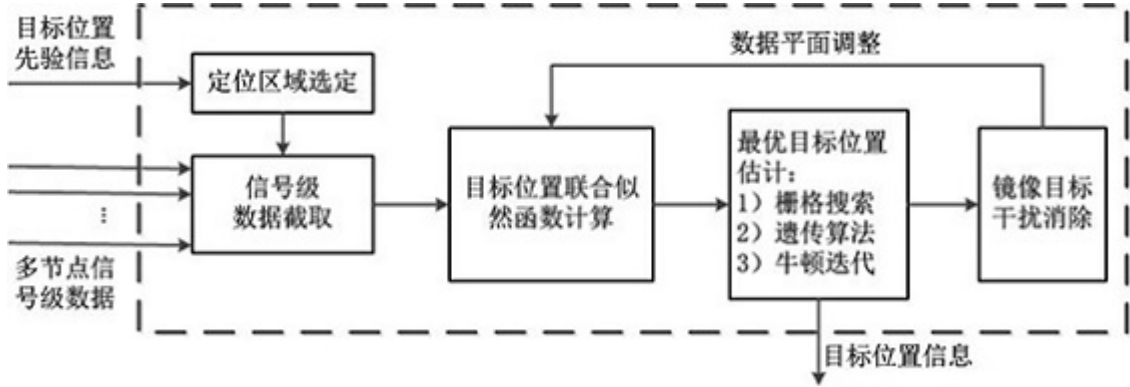


图5



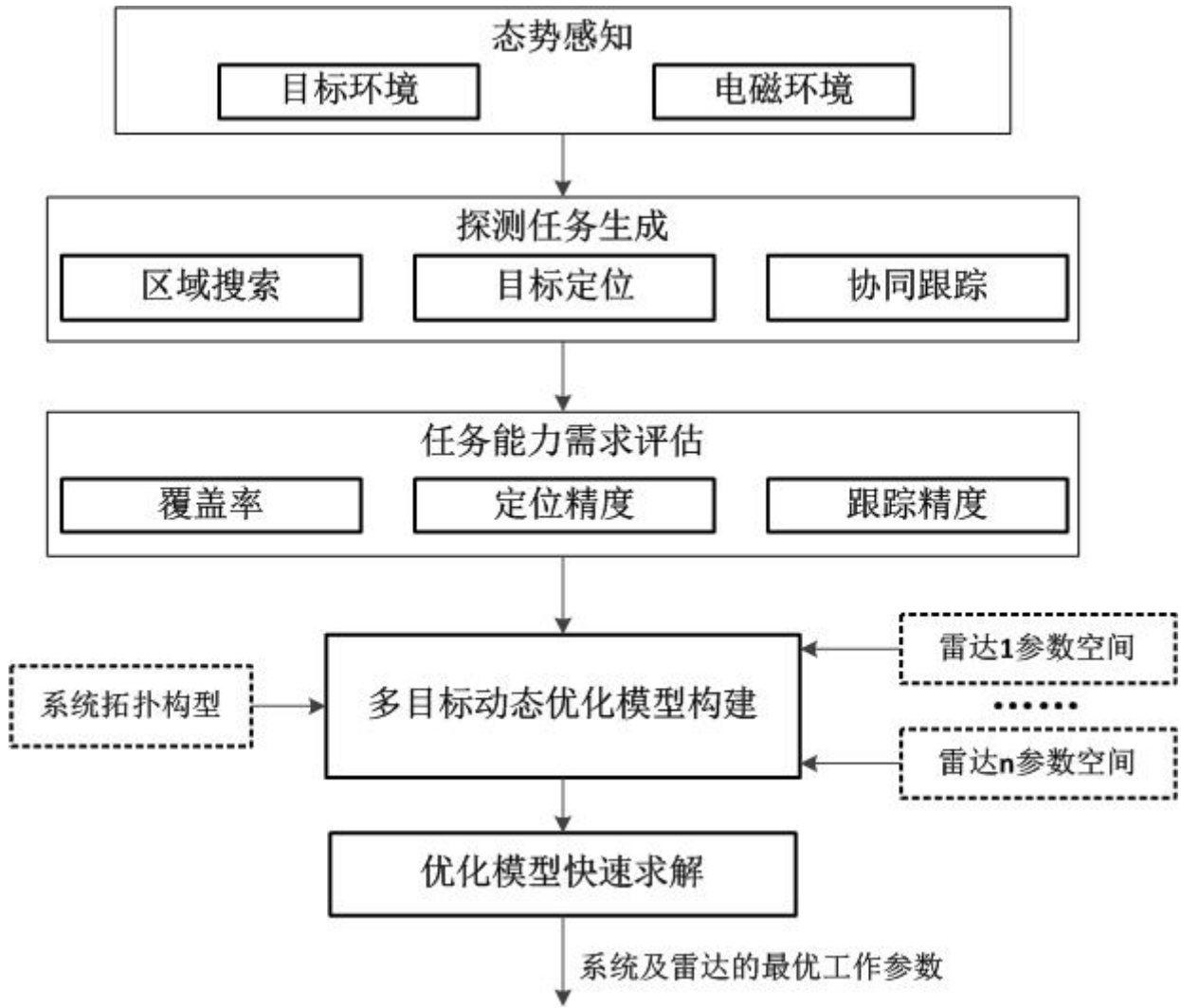


图6

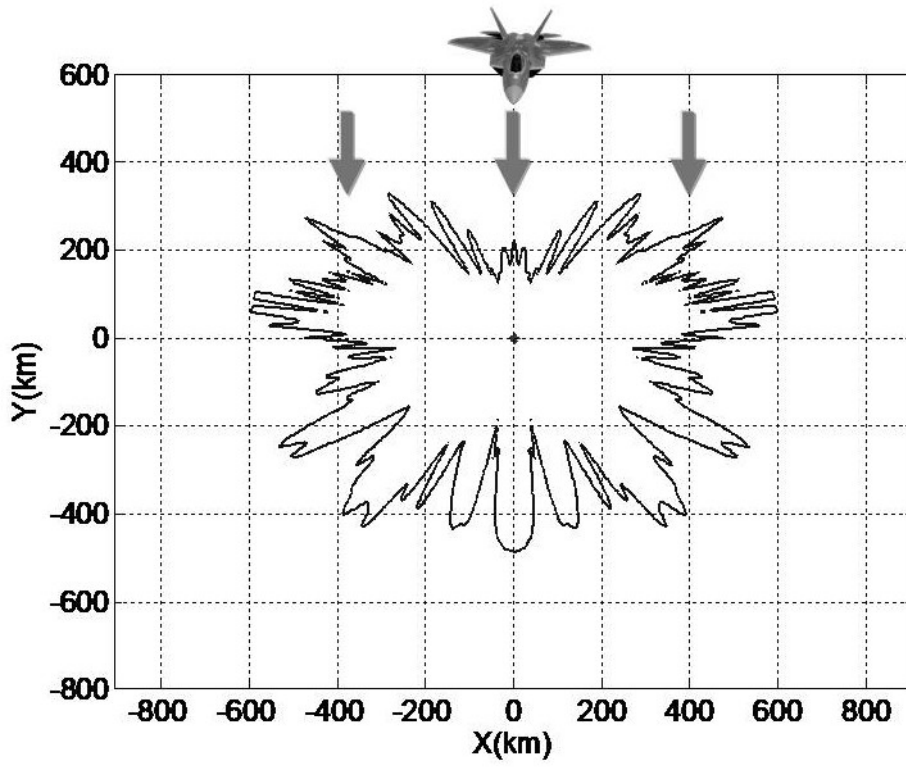


图7

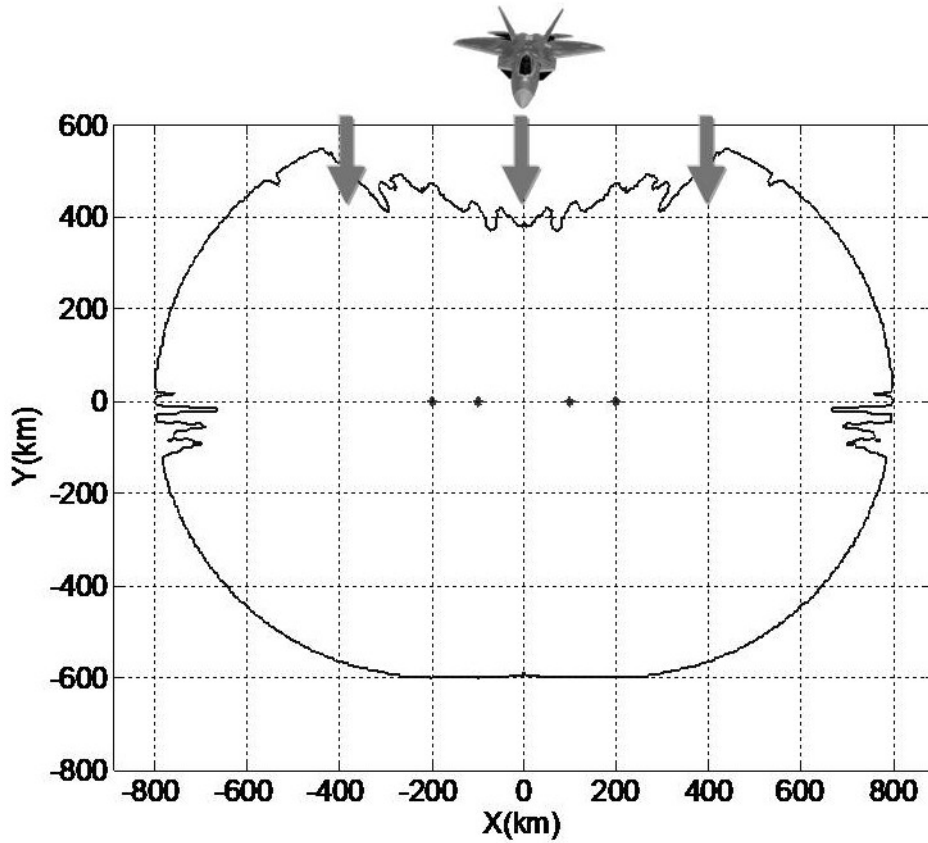


图8

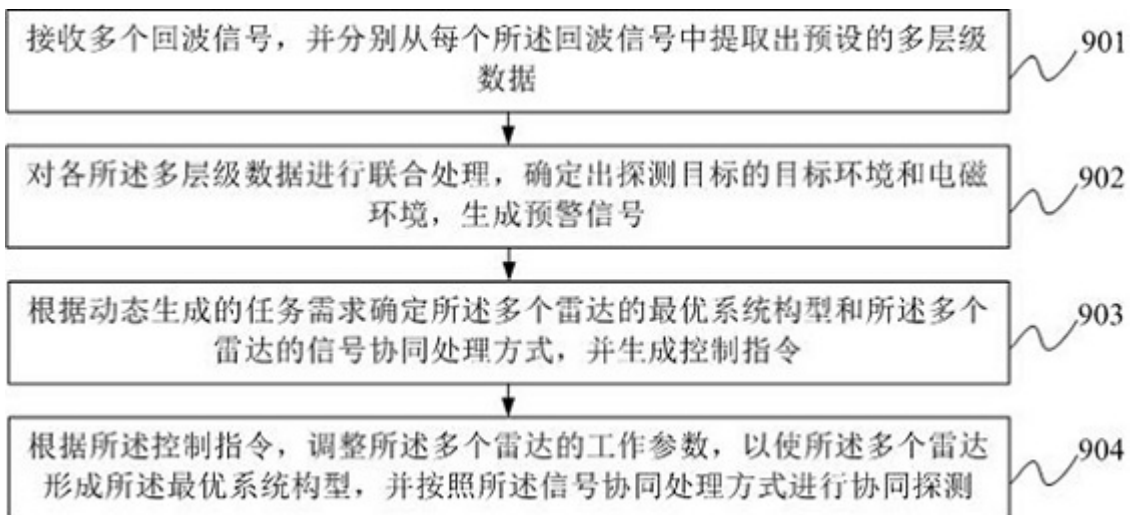


图9