



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



RISTA前沿大讲堂"AI+通信"专题系列

AI赋能的通信信号多维特征识别与动态隐藏

杨 欣

西北工业大学

2025年8月26日

目 录

01

背景与挑战

02

发展现状

03

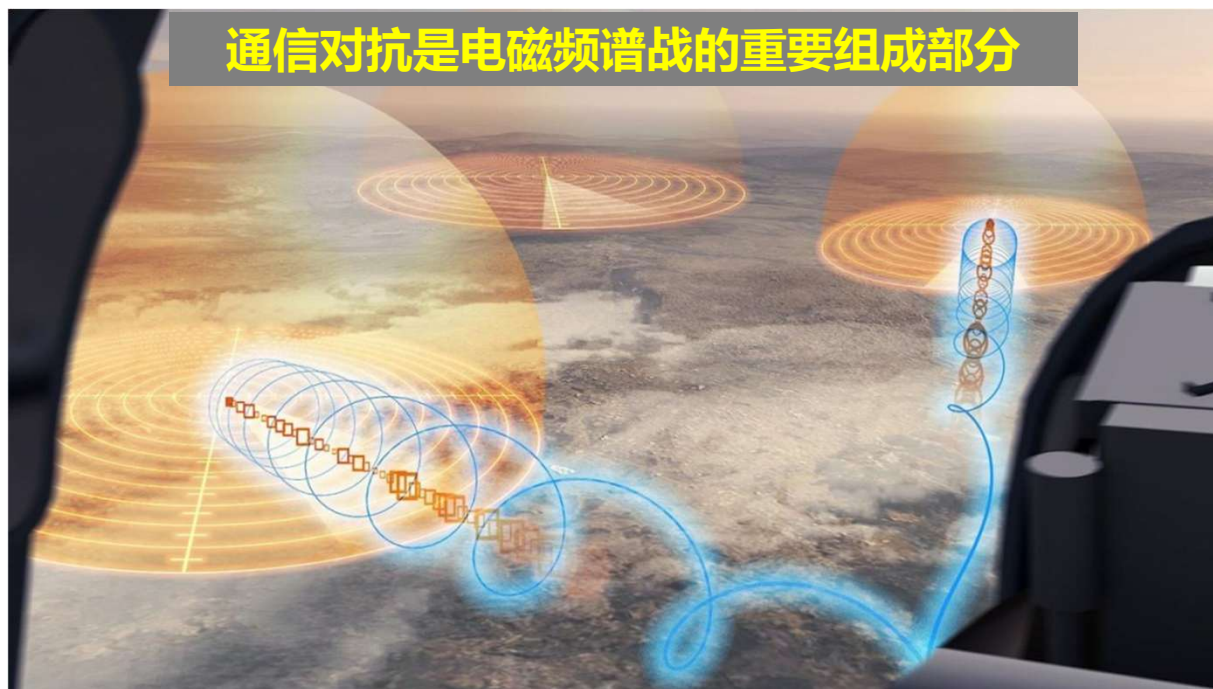
关键技术



一、背景与挑战

》 一、背景与挑战

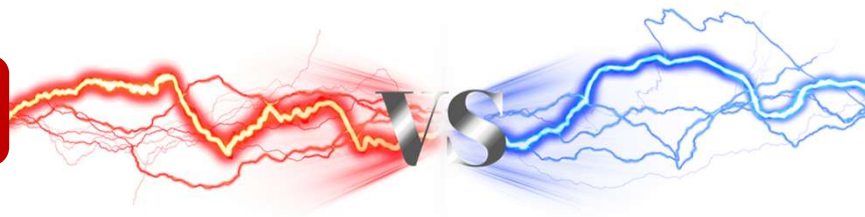
- **电磁频谱**是**信息**获取、**信息**传输、**信息**应用的重要载体
- **电磁频谱战**横跨陆、海、空、天、网等多个作战域，实质是对**电磁频谱控制权**的争夺
- 通信信号**特征识别**与**隐藏**是通信对抗的核心竞争



抗干扰通信系统是强通信对抗环境跨域协同信息交联的关键保障

》 一、背景与挑战

通信抗干扰



通信对抗

『善守者藏于九地之下，善攻者动于九天之上』 — 孙子兵法

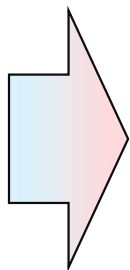


电磁频谱战中，无线通信系统“通得上”和“抗得住”是两个永恒的主题

» 一、背景与挑战

通信对抗特征

- **主动性：**以扰乱、破坏通信过程为目的，主动进攻通信收发设备
- **灵活性：**根据通信体制与电磁环境实时调整通信干扰策略
- **协作性：**多平台紧密协作，从多维度对通信系统进行分布式电磁干扰



通信系统影响

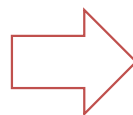
- **收不到：**接收端受电磁干扰信号影响，难以正常接收有效信息
- **藏不住：**认知电子战技术使得传输信息、传输方向等特征难以隐藏
- **躲不掉：**仅依赖单一方法、单一维度的规避，难以躲掉电磁干扰影响

亟需打造『**电磁盾牌**』，保障组网通信装备在强对抗电磁频谱环境中的任务效能

» 一、背景与挑战

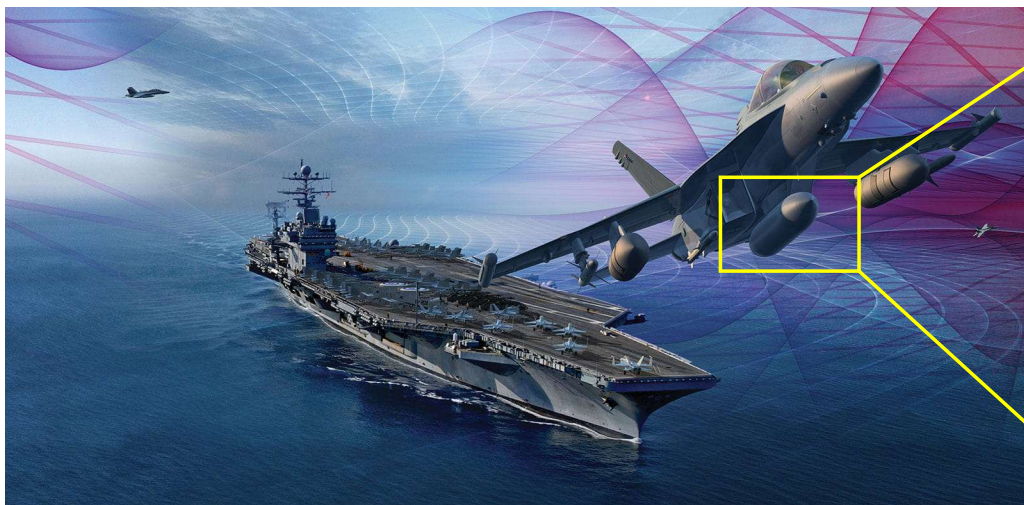
● 新一代电子干扰设备

- 通信干扰范围显著增强
- 同时干扰通信设备数量提升
- 宽带压制式干扰特征明显
- 系统架构模块化、开发化、易升级
- 跨平台、多任务场景兼容



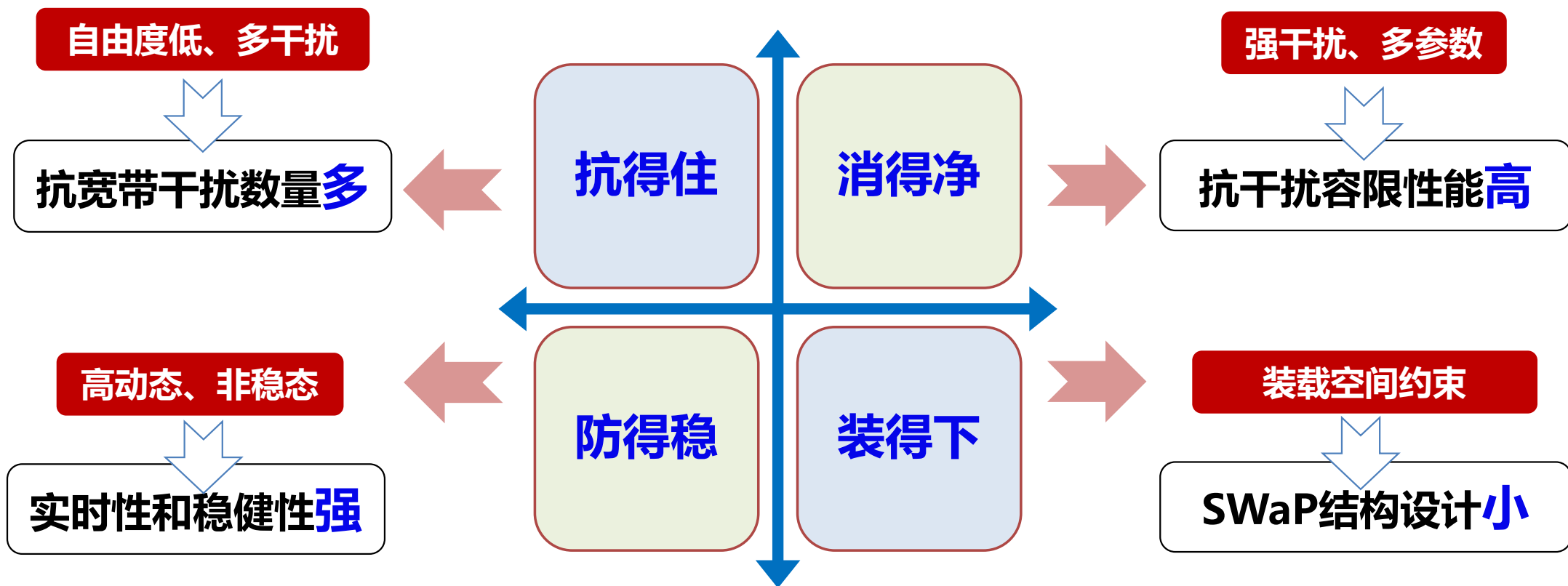
**AI赋能驱动下
通信对抗技术与装备发展迅猛**

**电磁频谱威胁下
通信系统挑战日益严峻**



雷神公司下一代干扰机：NGJ-MB

» 一、背景与挑战



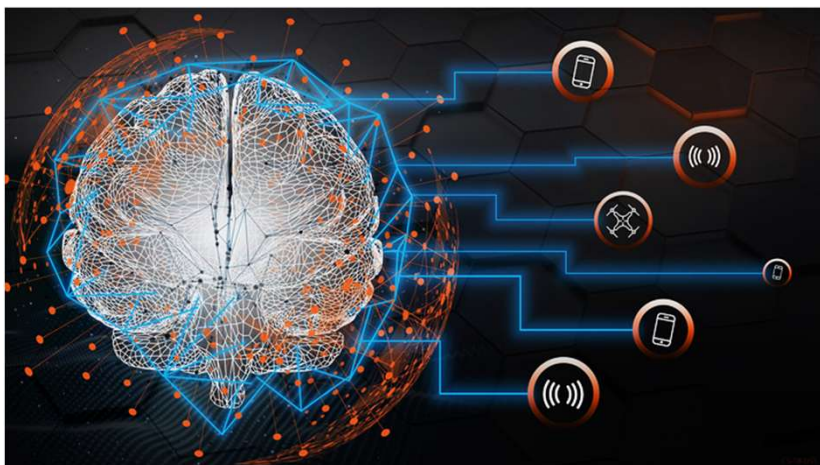
现代化通信对抗手段发展迅猛，通信抗干扰技术亟需开拓创新



二、技术发展现状

二、发展现状

射频机器学习系统 (RFMLS)

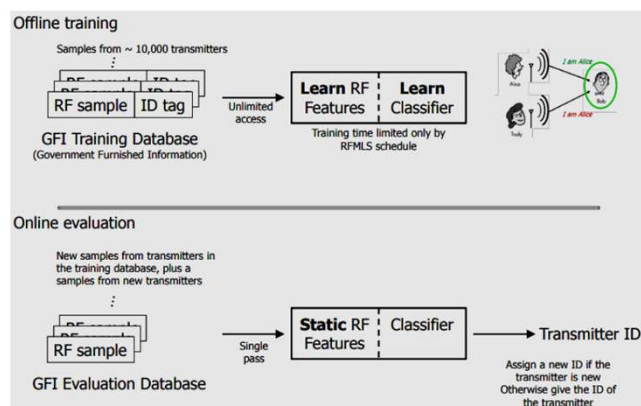


射频频谱日益拥挤

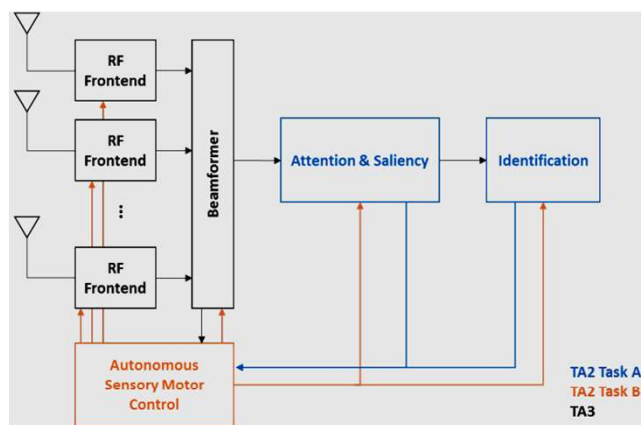
传统信号处理方式不足

对无线领域缺乏深度感知和理解

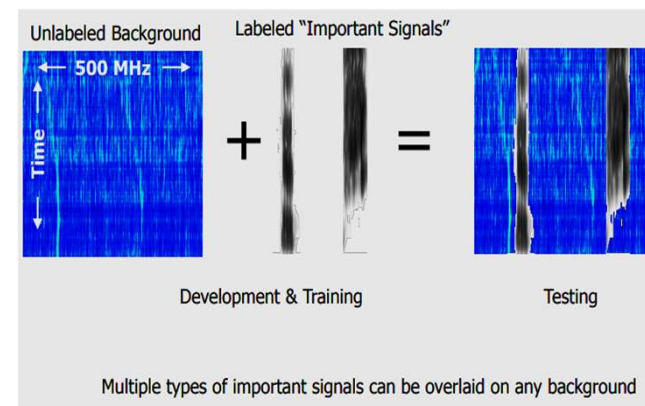
亟需解决



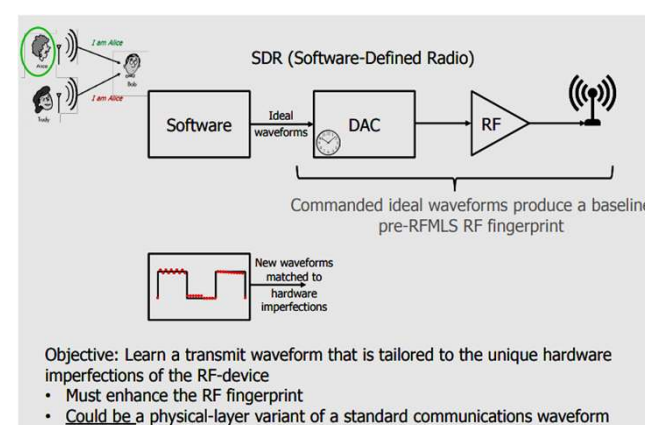
信号特征学习



自主无线电传感装置



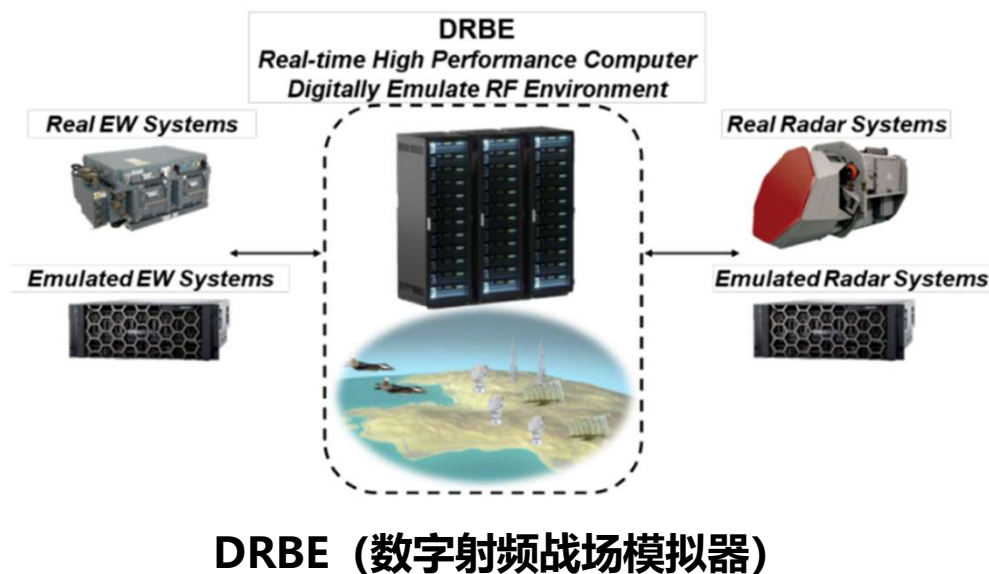
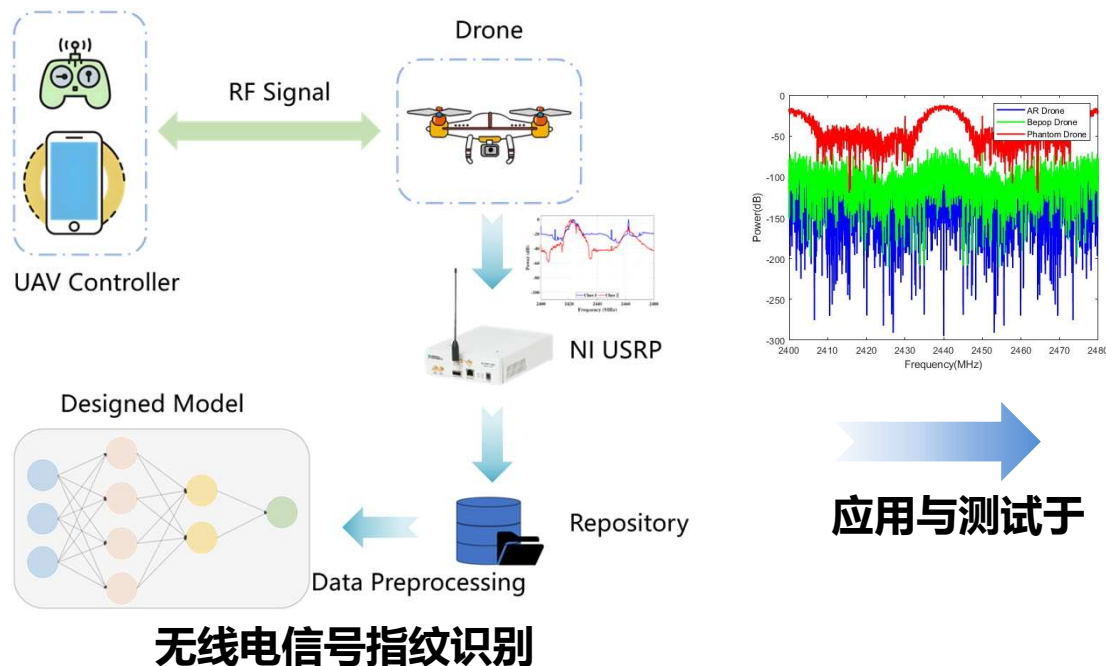
注意力引导



波形合成

二、发展现状

射频机器学习系统 (RFMLS)



识别准确率

- 无人机射频指纹平均识别准确率：在[-5dB, 20dB]下可达**96.89%**；
- 调制识别准确率：在**高信噪比**、**视距**信道大于**95%**。

实时性与处理能力

- 系统延迟：个位数**微秒级**端到端延迟；
- 数据处理吞吐量：**两位数千万亿次**浮点运算 (PetaFLOPs) 。

二、发展现状

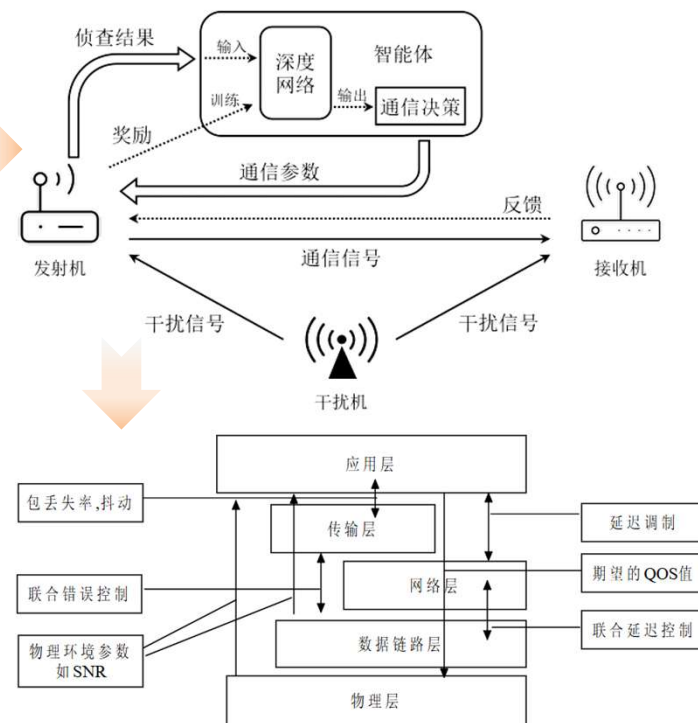
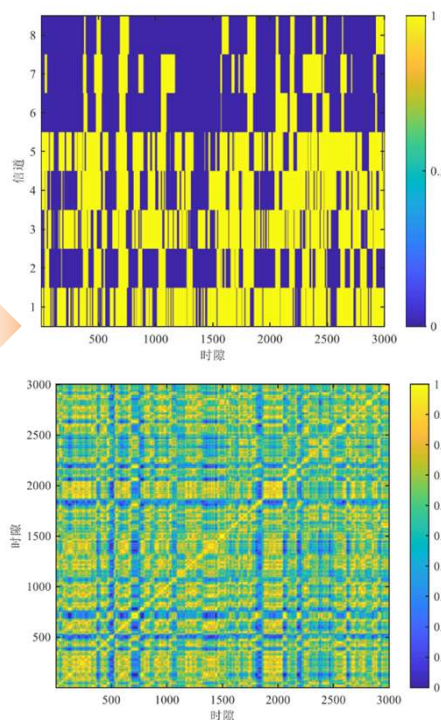
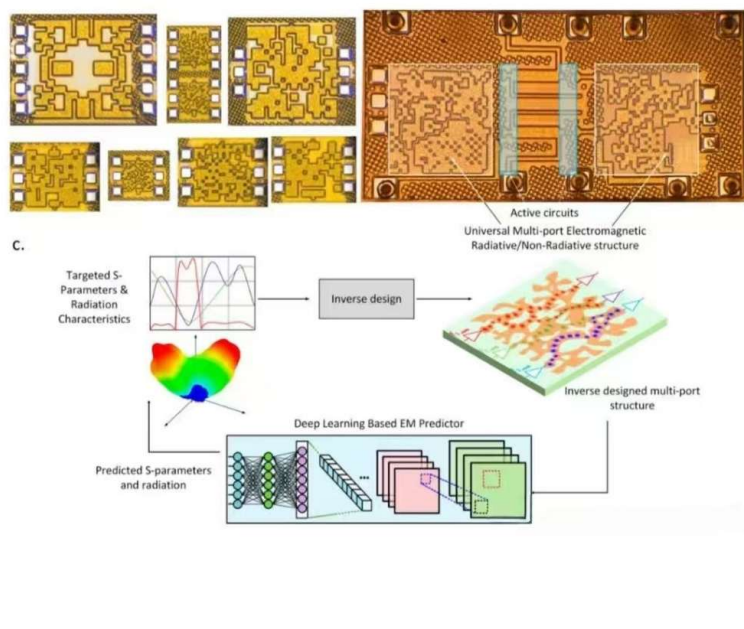
SCISRS (异常信号检测项目)

射频机器学习

智能频谱感知与
动态接入

抗干扰与抗截获
通信

跨层安全优化



二、发展现状

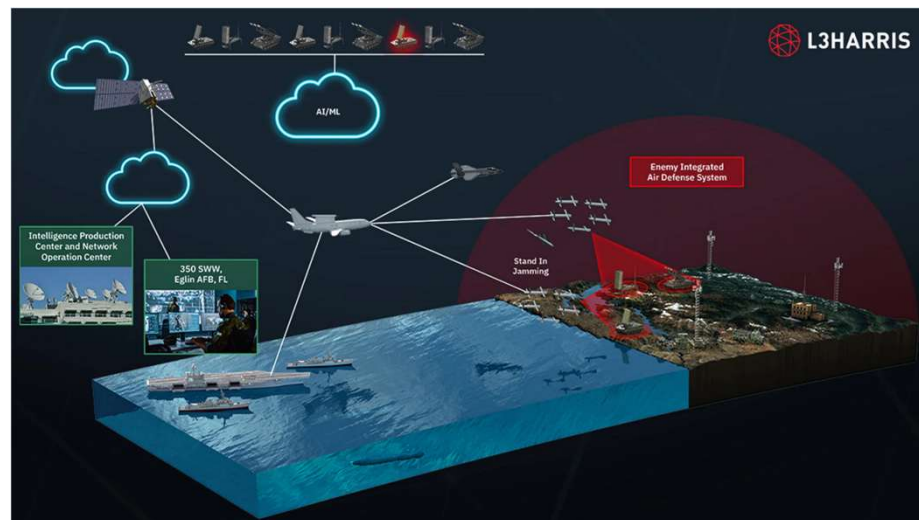
频谱协作 (SCoPE)

研究目标

- 在频谱拥挤、干扰严重、动态变化的环境中保持**高效通信**，提升战术通信系统在受限频谱下的性能；
- 支持“按需频”，实现军用通信系统与商用5G/民用系统在同一频段内**动态协同**、不互相干扰。

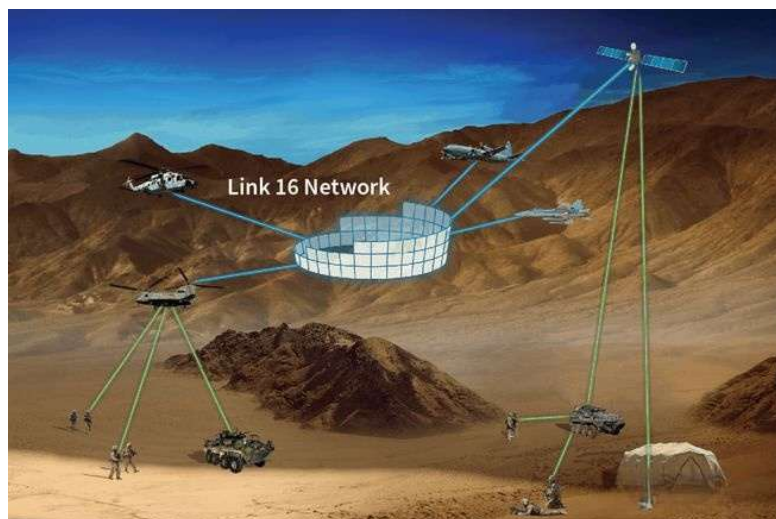
技术特点

- 实时监测**当前频谱的使用情况、干扰源、信号类型，提供精细化的频谱地图；
- 基于历史频谱行为构建模型，**预测**未来一段时间的可用频段；
- 根据信道占用状况**动态选择通信频率和参数**，自动避让已有用户并寻找干净频点通信；
- 网络中多个节点协同规划频谱使用，支持节点间**频谱协商与调度**。



二、发展现状

极端射频频谱条件通信 (CommEx)

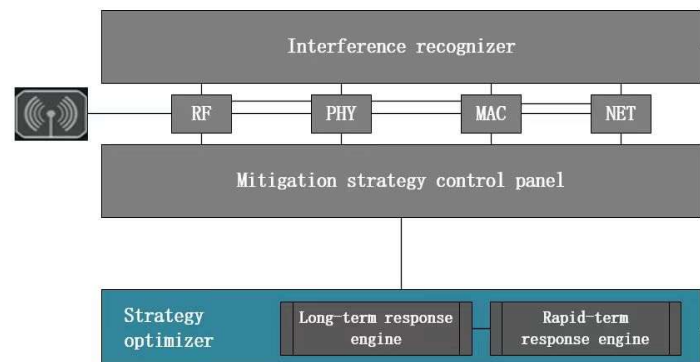


项目目标

- Link16是美军联合指控的**超视距战术数据链**，采用了扩频、跳频、检错纠错编码、脉冲冗余、伪随机噪声编码、数据交织、自动数据封装、内中继等多种抗干扰技术；
- 实战中仍然容易受到电磁干扰；
- CommEx项目通过**环境认知**，自适应**识别并缓解干扰**，在高对抗射频环境建立可靠通信。

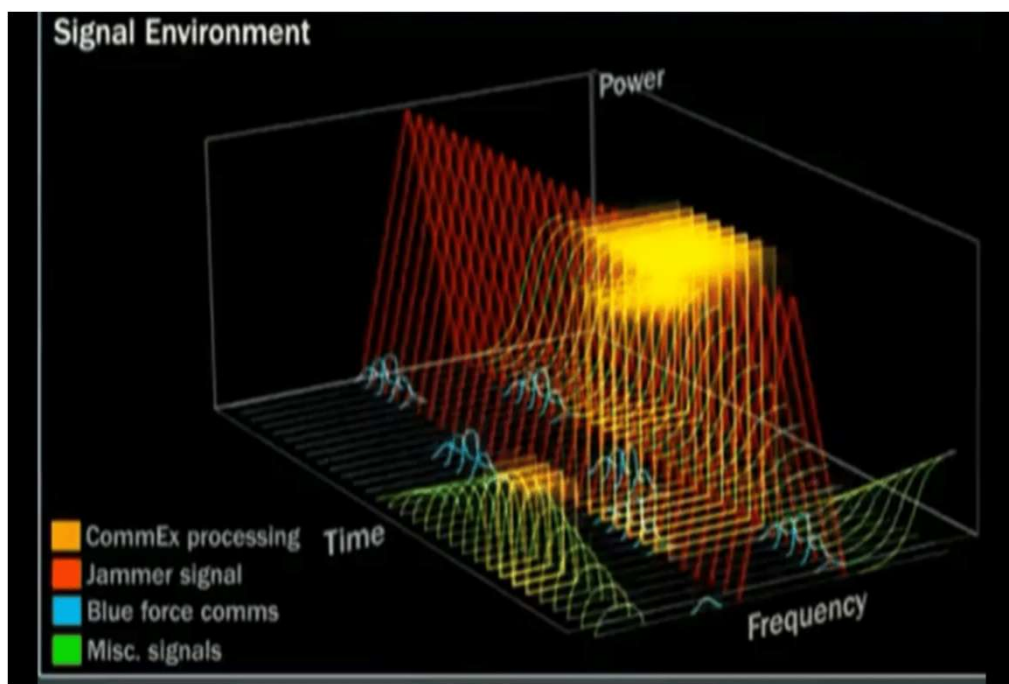
系统结构

- 主要包括三部分：干扰识别器、干扰缓解策略、策略优化器（包括长期反应引擎、快速反应引擎）。



» 二、发展现状

极端射频频谱条件通信 (CommEx)



研究内容

- 认知算法识别干扰;
- 针对性的干扰缓解措施(消除、回避、容忍和欺骗);
- **学习新干扰**, 适应环境变化, 实现自适应抗干扰.

技术特点

- 多层干扰认知, 多种抗干扰技术;
- 使用**认知算法**识别并选择应对措施抗干扰;
- 对抗环境下对系统持续**智能优化**;
- **开放模块化体系**集成**第三方抗干扰技术**;
- 2017年完成, 相关技术首先应用于机载**Link16**;
- **利用计算优势对抗监视系统**(CLASS), 进一步优化性能.

二、发展现状

受保护前线通信项目 (PFC)

项目目标

- 采用多种抗干扰技术，实现高隐蔽、低截获的前线综合通信系统；
- 满足三种典型作战场景需求：
 - (1) 前线作战单元间**局部通信**；
 - (2) 作战单元到空基武器平台**视距通信**；
 - (3) 作战单元到后方指挥部的**超视距通信**。

技术特点

- 统一的通信架构，同时满足三种典型作战场景；
- 与联合作战，近距离空中火力支援等作战任务需求紧密联系；
- 采用分布式相干、毫米波组网、机器学习等先进技术，**技术多样化、智能化，具有很强的前瞻性**；
- 初期以完成**仿真和演示验证**为目标。



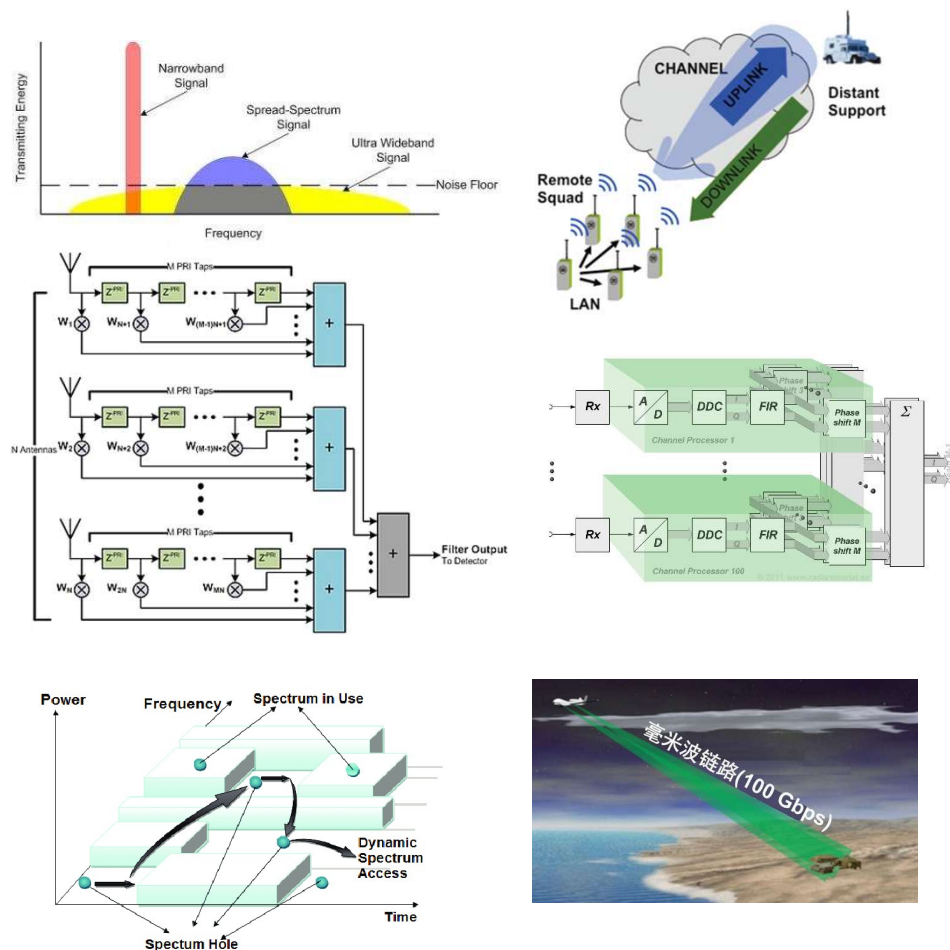
二、发展现状

受保护前线通信项目 (PFC)

研究内容

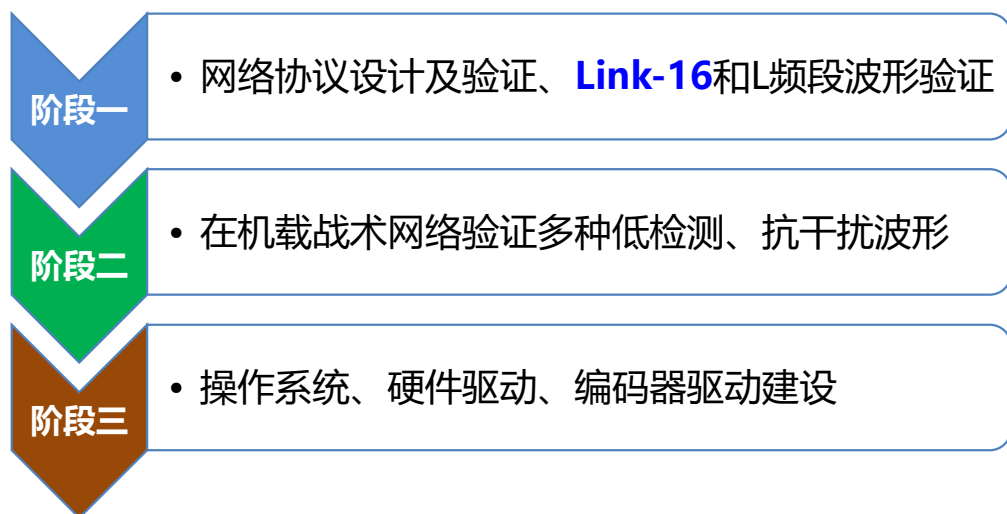
使得敌方难以对通信信号进行**探测和地理定位**:

- ❑ 功率可管理的**宽带扩频通信**;
- ❑ 分布式**相干传输**;
- ❑ 多孔径**空时自适应接收处理**;
- ❑ 高效相控阵系统;
- ❑ 定向通信技术;
- ❑ 高动态范围RF前端技术和认知无线电;
- ❑ 敏捷而隐蔽的波形设计.



二、发展现状

对抗环境下通信 (C2E)



项目目标

- ❑ 设计**模块化**软硬件构架，**兼容现有波形**；
- ❑ 验证新型抗干扰、低截获**波形**，确保强对抗环境安全可靠传输。

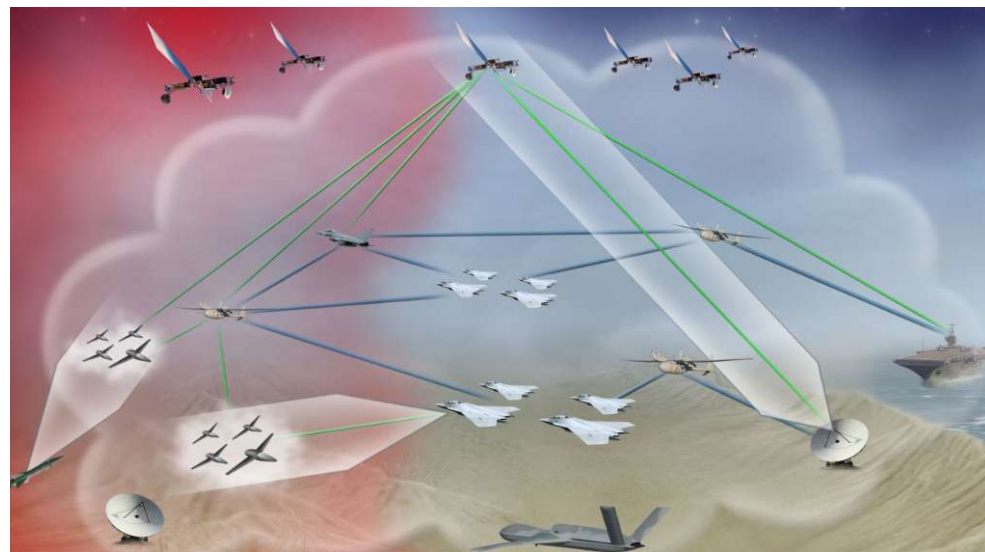
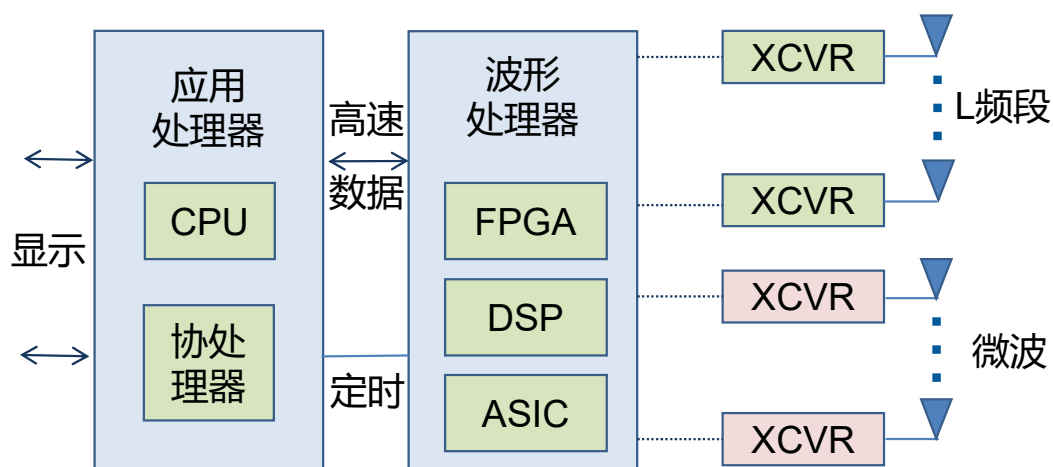
阶段	阶段一	阶段二	阶段三
频段	L	L、微波	L、微波
传播距离	185km	185km	185km
数据速率	峰值2Mbps 平均1Mbps	峰值2Mbps 平均1Mbps	峰值20Mbps 平均5Mbps
抗干扰能	\	30dB	40dB
检测能力	\	-20dB	-30dB
时延	10ms	10ms	250us

研究内容

- ❑ **异构组网**和抗干扰、低检测、低时延通信；
- ❑ 多样、灵活的新型硬件架构；
- ❑ 异构网络结构、新波形等**快速验证**。

二、发展现状

对抗环境下通信 (C2E)



技术特点

- 合并相似的功能来改善应用程序和波形之间的交互，支持**现有波形**的快速验证；
- **可扩展的架构**支持抗干扰波形融合，实现抗干扰波形验证及自适应选择；
- 通信架构元素独立，实现自适应增加、修改和改变通信能力。

二、发展现状

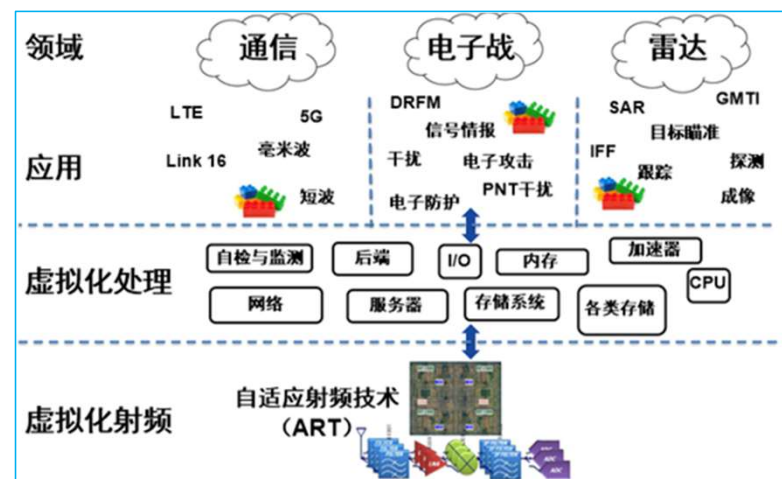
自适应射频 (ART)

研究目标

- 开发一种新型全**自适应、可重构、无需遵循特定波形和标准的射频体系**结构；
- 主要用于通信领域，覆盖10MHz~30GHz频率范围，可识别、接收、发送超过100种军用、民用通信波形。

技术特点

- **低功耗信号分析芯片**，信号识别准确率95%以上，能效提升到当前主流集成电路的400倍——**辅助干扰环境感知**；
- **灵活、可重构射频器件**，通过动态重构基本微波电路块之间的连接，实现单个射频器件或射频器件组的可重构与可编程能力——**辅助抗干扰波形发送/接收**。



二、发展现状

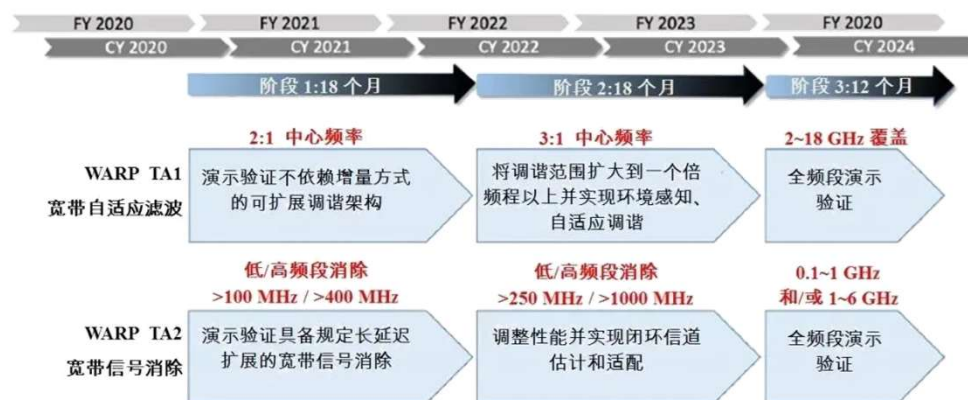
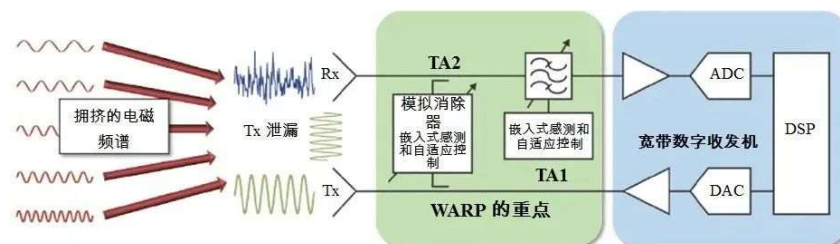
宽带自适应射频防护 (WARP)

研究目标

- 研究对抗环境中宽带**干扰管理**和**干扰抑制**技术;
- 开发2-18GHz宽带**自适应滤波**和**干扰消除**架构;
- 提高在竞争激烈和拥挤的电磁环境中的适应能力;
- 预计2024年底由L3Harris完成全频段演示验证;

技术特点

- 通过**智能控制**自适应滤波器和干扰消除算法,感知和适应电磁环境;
- 选择性衰减干扰**,抑制RF饱和区域;
- 减少发射机的自干扰,以实现**同频同步收发STAR**



二、发展现状

先进极高频卫星通信 (AEHF)

项目目标

- 美军第三代抗干扰卫星通信系统：高容量、高生存、抗干扰、全球覆盖（洛·马）
- 信道-波束映射的灵活定向传输：抗截获、抗干扰
- 宽带跳频、低功率、频率选择、隐蔽波形：时域、频域、码域、能量域抗干扰
- 自适应调零天线：空域抗干扰
- 星间链路及星上自主控制与变轨规避：网络级抗干扰



AEHF-6卫星发射（阿特拉斯5号火箭）



封装在保护整流罩中的AEHF-6

二、发展现状

先进极高频卫星通信 (AEHF)

技术特点

- 2副上/下行收发共用调零天线（自适应调零抗干扰）；
- 1副EHF（44GHz）上行相控阵天线、2副SHF（20GHz）下行相控阵天线（定向波束抗截获）；
- 2副V频段（60GHz）星间链路天线、1副上/下行广覆盖喇叭天线、6副上/下行可旋转蝶形天线；
- 最后一颗AEHF-6已于2020年4月入轨，形成75bps-8.192Mbps的抗干扰通信能力。



先进极高频卫星通信 (AEHF)

2030年
升级换代



演进战略卫星通信 (Evolved Strategic SATCOM, ESS)

二、发展现状

低截获通信技术现状

现有技术不足

□ 跳频、扩频、猝发等传统技术基于时频维度信号表征处理，**信号特征平稳，表征维度单一**，现有精细时频分析设备即可识别

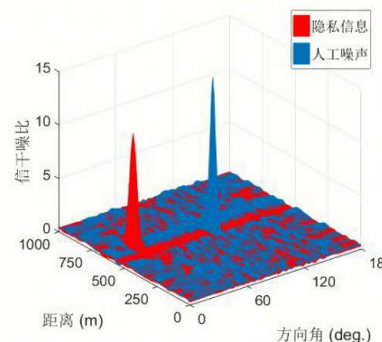
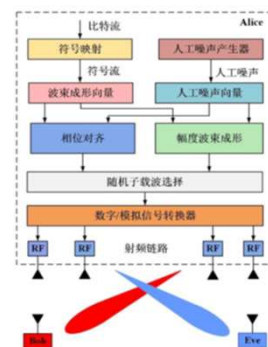
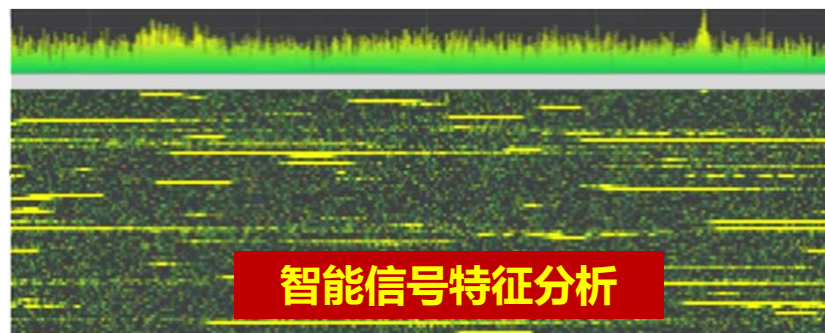
□ 星座置乱类技术通过打乱星座图符号位置提升抗截获能力，但**难以适用于高阶调制**的宽带通信系统，在智能化信号特征分析解译下，容易被破解恢复

□ 人工噪声类技术具有一定的抗截获能力，不但对同步精度要求高，难以实现，而且**损失有效传输功率**，影响通信效能



带宽	采样率	检测时间
40MHz	150MHz	600ns
80MHz	300MHz	300ns
160MHz	800MHz	150ns
500MHz	2GHz	51ns
2000MHz	2.4GHz	15ns

纳秒级检测



人工噪声处理

» 二、发展现状

“宽带安全和受保护发射机与接收机”项目

研究目标

针对当前扩频、混沌波形等隐蔽传输方式的局限性：

- ❑ 窄带信号仅在时域和频域中扩展，并且包含循环特征
- ❑ 窄带射频波形通常使用小于30dB的固定且有限的动态范围，容易被探测
- ❑ 混沌波形难以有效降低被探测概率，反而需要更高的信噪比来同步和运行



技术特点

- ❑ 开发可以从根本上变革无线空中接口收发机的技术，实现并维持安全的高带宽射频通信链路
- ❑ 减轻动态恶劣和竞争环境造成的信道损伤

不能仅依靠扩频，必须额外增加信号在**多维度的复杂性**以降低被探测、被截获的概率，同时具备一定的**稀疏性**以降低己方解译复杂度

二、发展现状

项目名称	概述	机构	时间	特征
对抗环境下通信 C2E	新型 抗干扰、低截获波形 ，确保电磁对抗条件下异构飞行器安全可靠互联互通	DARPA	2020年	波形设计 通信集成
宽带自适应射频防护 WARP	对抗环境中宽带 干扰管理 和 干扰抑制 技术	DARPA	2021年	射频器件 自适应处理
联合全域指挥控制 JADC2	多域抗干扰通信骨干网，集成 韧性波形与跨域安全传输协议	DoD	2021年	系统集成 多域协同
频谱协作 SCoPE	基于 AI 的动态 频谱共享 与 干扰协同规避 技术	DARPA	2022年	人工智能 环境感知
自适应作战管理 ABMS	空军先进抗干扰数据链，支持 高动态 平台在干扰环境下 毫秒级组网	USAF	2023年	低时延组网 动态资源调度
量子安全抗干扰通信 QuaCS	融合 量子密钥 分发与经典抗干扰波形，实现 物理层-传输层 双重防护	NSA/NIST	2024年	量子加密 跨层防护

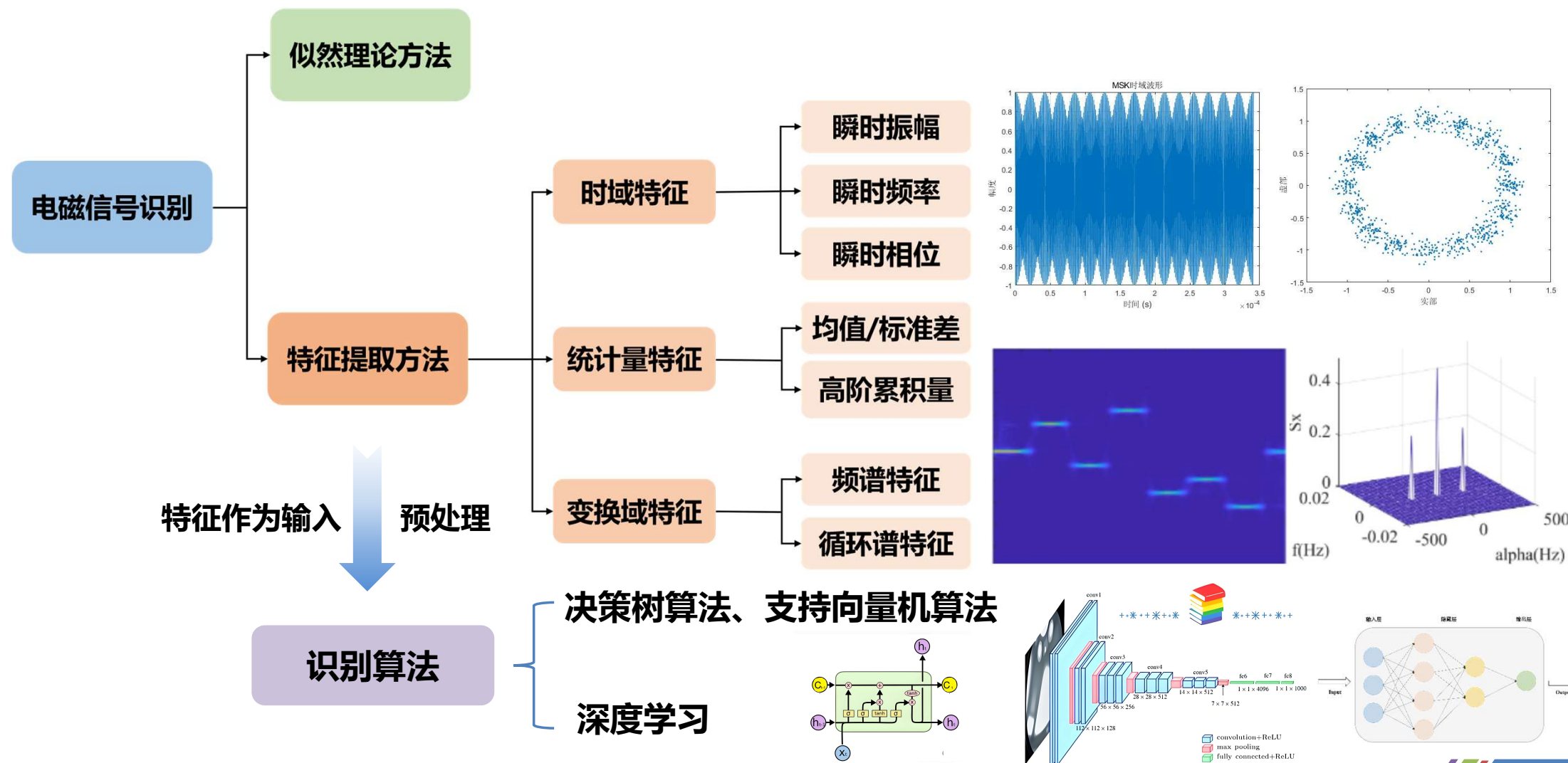
主要围绕从**单点突破**转向**多维协同**，形成“**智能决策-硬件革新-跨域韧性**”三位一体发展范式





三、关键技术

三、关键技术-信号特征识别

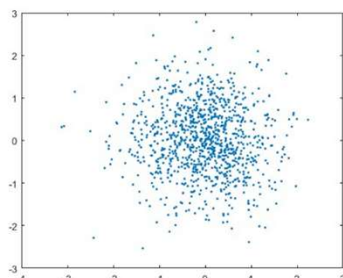


三、关键技术——信号特征识别（基于LCDNN架构的OTFS信号调制类型识别算法）

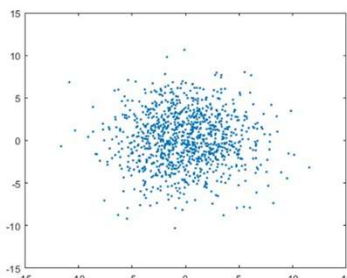
问题难点

OTFS不同子载波调制类型的特征模糊，传统方法无法实现高精度识别

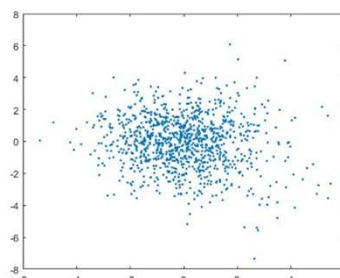
OTFS
信号



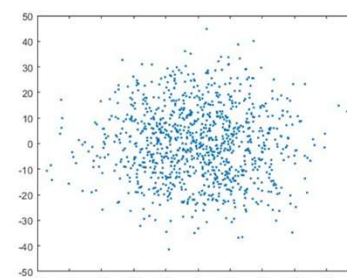
OTFS-BPSK



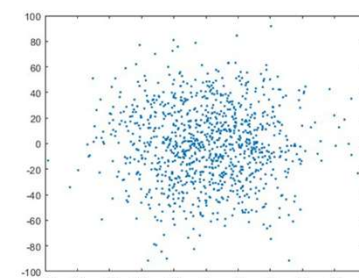
OTFS-4QAM



OTFS-8PSK

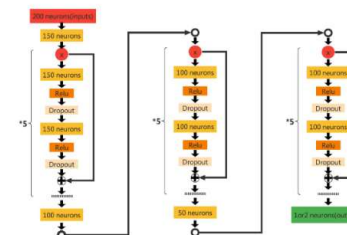
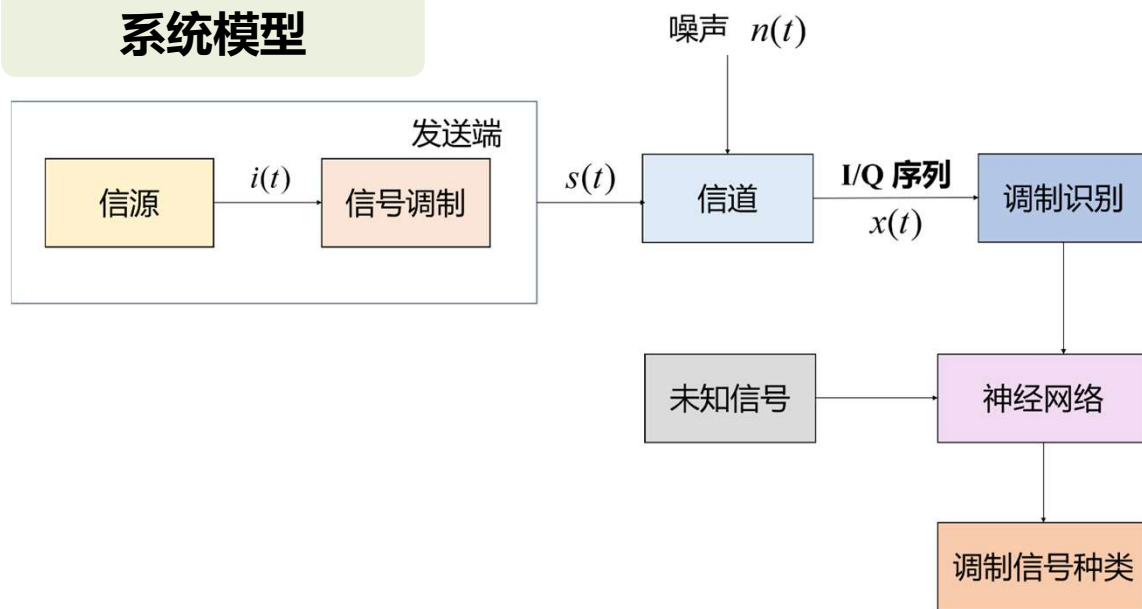


OTFS-64QAM

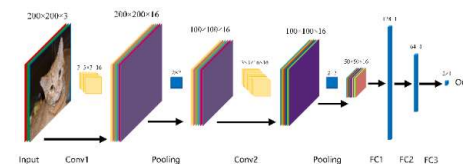


OTFS-256QAM

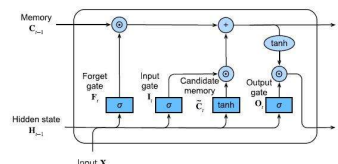
系统模型



ResNet (基线模型)



卷积神经网络



长短时记忆神经网络

三、关键技术——信号特征识别（基于LCDNN架构的OTFS信号调制类型识别算法）

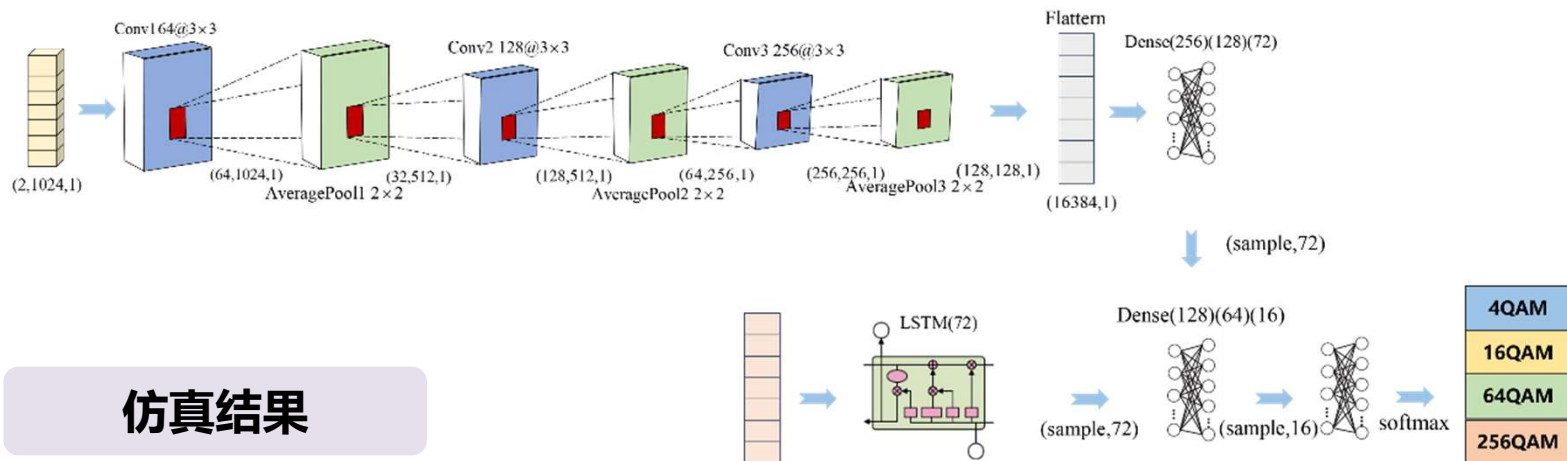
算法设计

不同子载波调制类型的时频域
幅度特征显著

时域IQ序列
作为输入

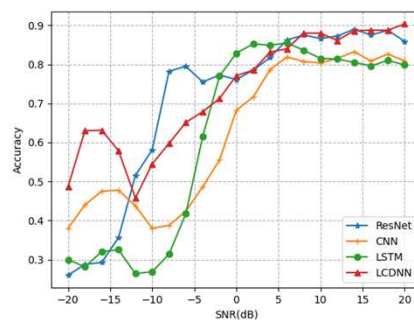
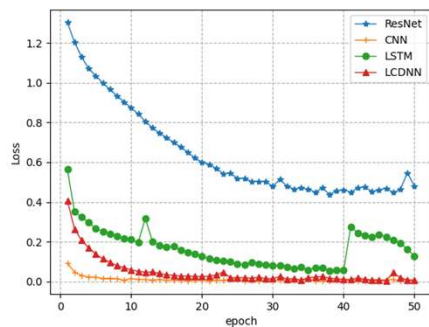
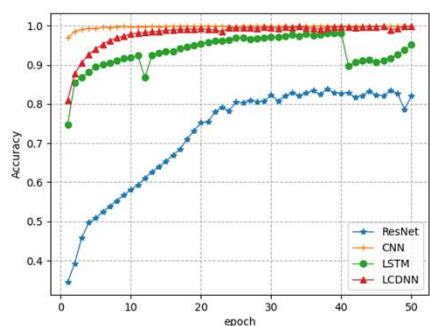
提高处理长序列信号能力

LCDNN架构



LCDNN在保持较短
训练时间的情况下
识别准确率较高

仿真结果

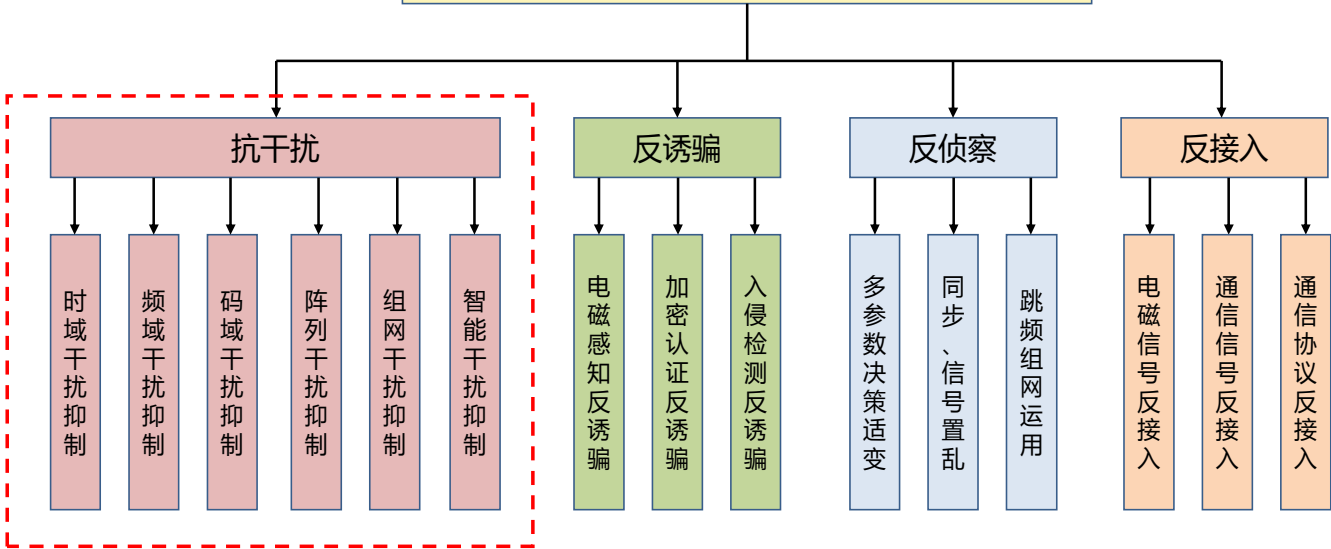


网络类型	训练时间/s
ResNet	30000
CNN	2000
LSTM	8800
LCDNN	3000

三、关键技术

■ 目前已发展出了时间、频率、空间、极化等维度，联合组网、人工智能的通信抗干扰技术，覆盖了所有战术、战役和战略无线通信领域。

多层次多维域通信电子防御技术体系



时间域抗干扰技术	猝发通信
	跳时通信
	自适应差错控制
频率域抗干扰技术	跳频通信
	扩频通信
	自适应频率控制
空间域抗干扰技术	空域调零
	空时处理
	空频处理
	极化多维域
组网抗干扰技术	组网干扰绕行
	组网波束跟踪
智能抗干扰技术	频谱感知
	智能决策

“**隐**” —— 提高信号隐蔽性； “**消**” —— 对干扰进行抑制；
“**避**” —— 对干扰进行规避； “**抗**” —— 提高通信干扰耐受能力。

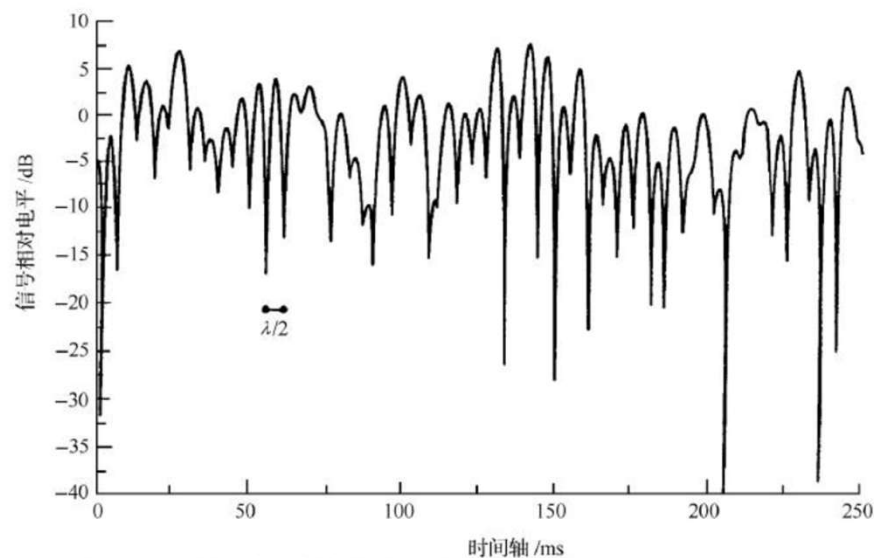
三、关键技术- 时域处理方法

瓶颈问题

- (1) 干扰突发性强
- (2) 干扰图样种类复杂

解决方案

跳时技术



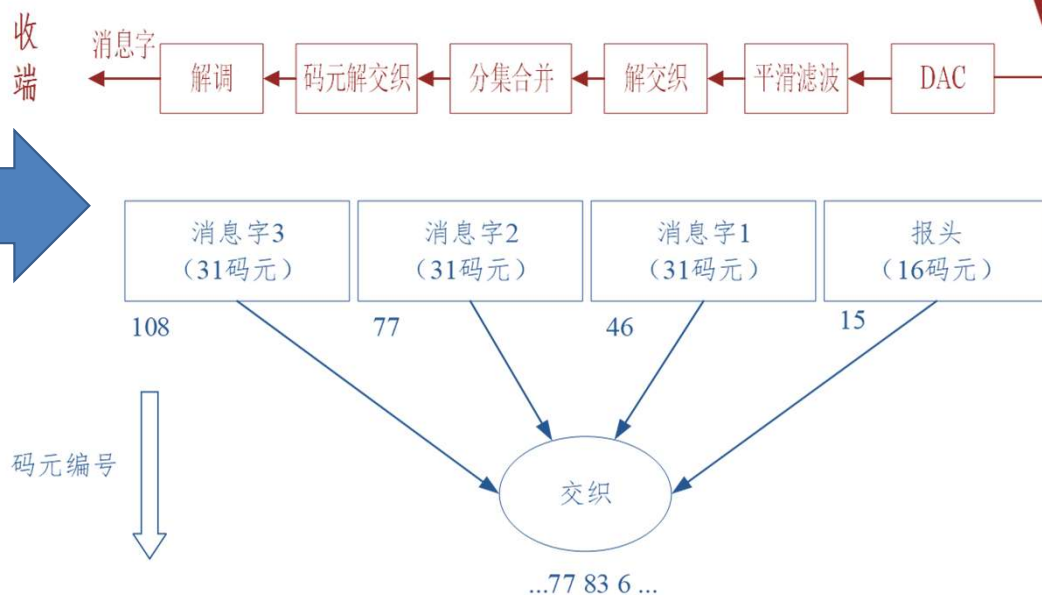
时域响应图样

多脉冲

交织

收端

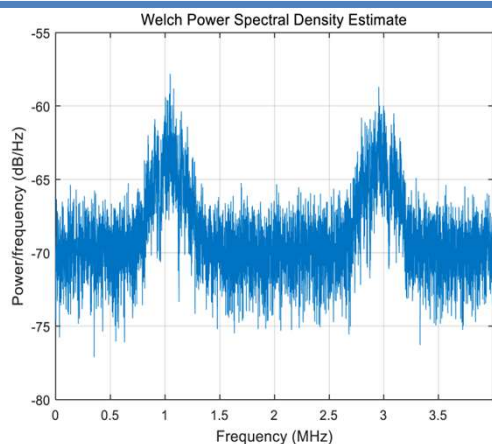
发端



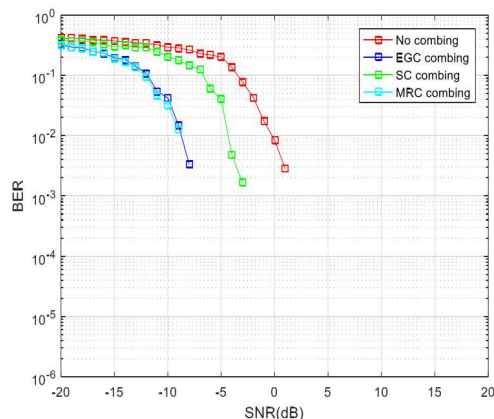
多脉冲时域交织抗干扰：时域多个脉冲分集传输，对码元信息进行交织混叠

三、关键技术- 时域处理方法

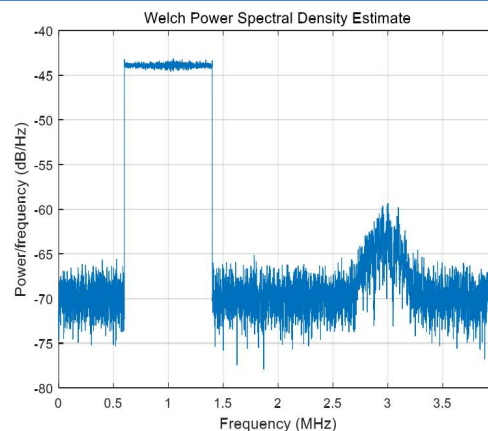
方案效能



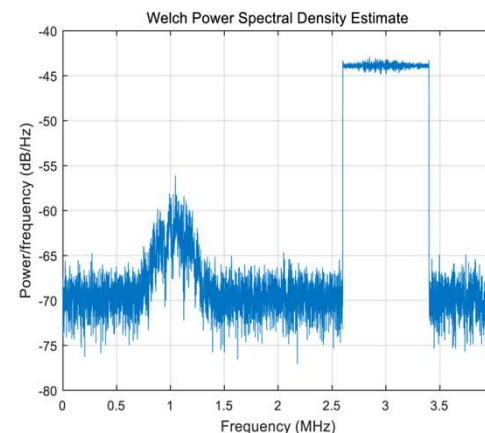
多脉冲信号接收功率谱



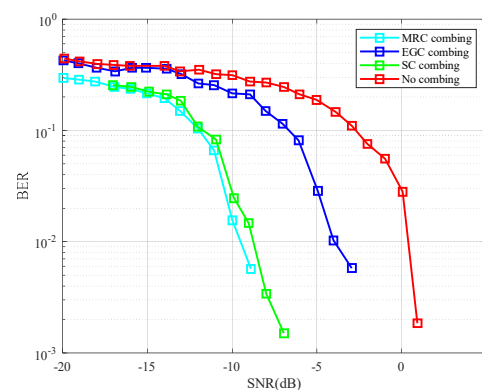
无干扰传输下合并接收



20%干扰脉冲1接收功率谱



20%干扰脉冲2接收功率谱



20%干扰传输下合并接收

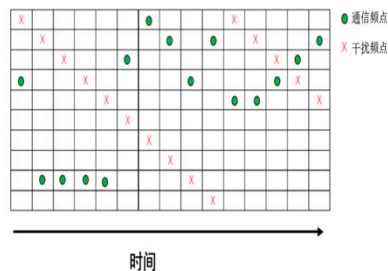
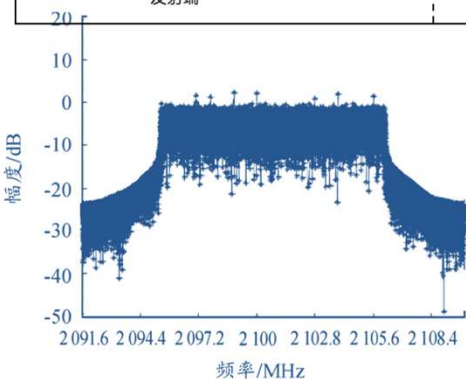
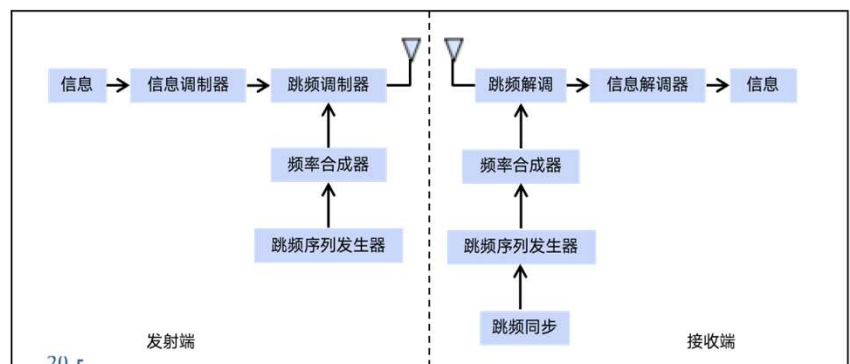
通过多脉冲传输和交织，实现时域分集和交织抗干扰能力生成

三、关键技术- 频域处理方法

瓶颈问题

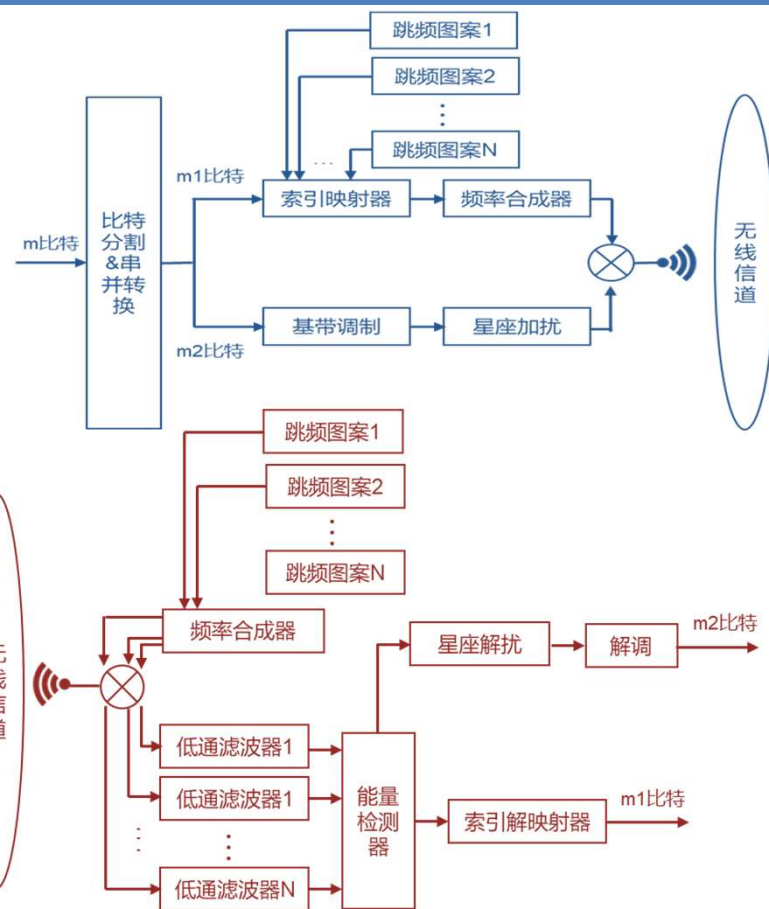
- (1) 跳频模式单一
- (2) 跳频速率依赖性高

跳频技术



解决方案

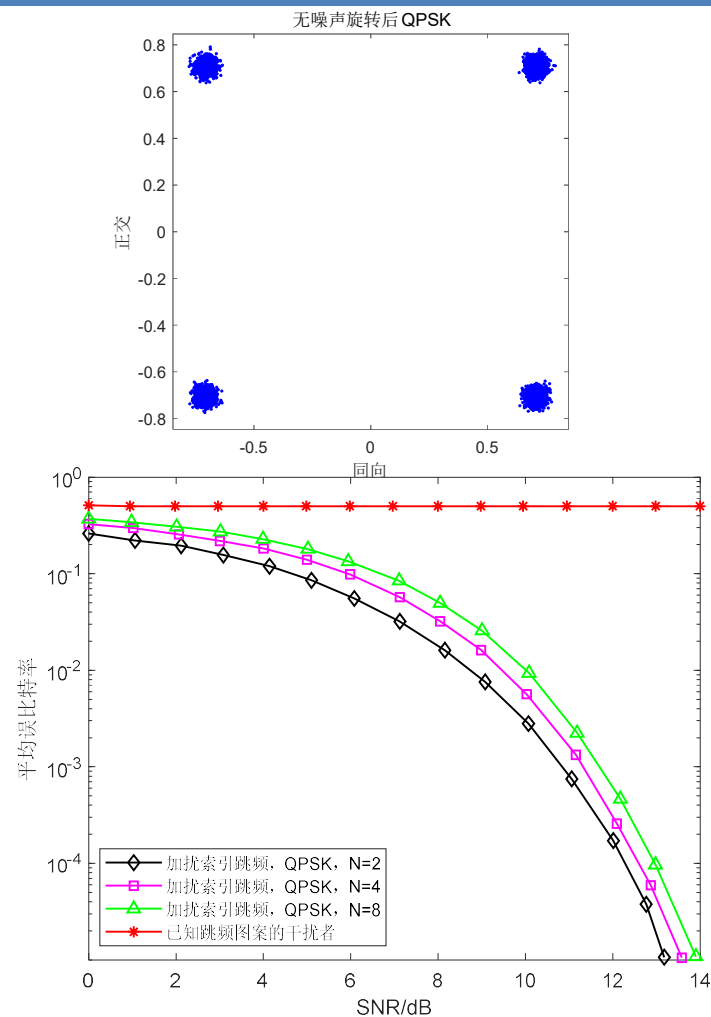
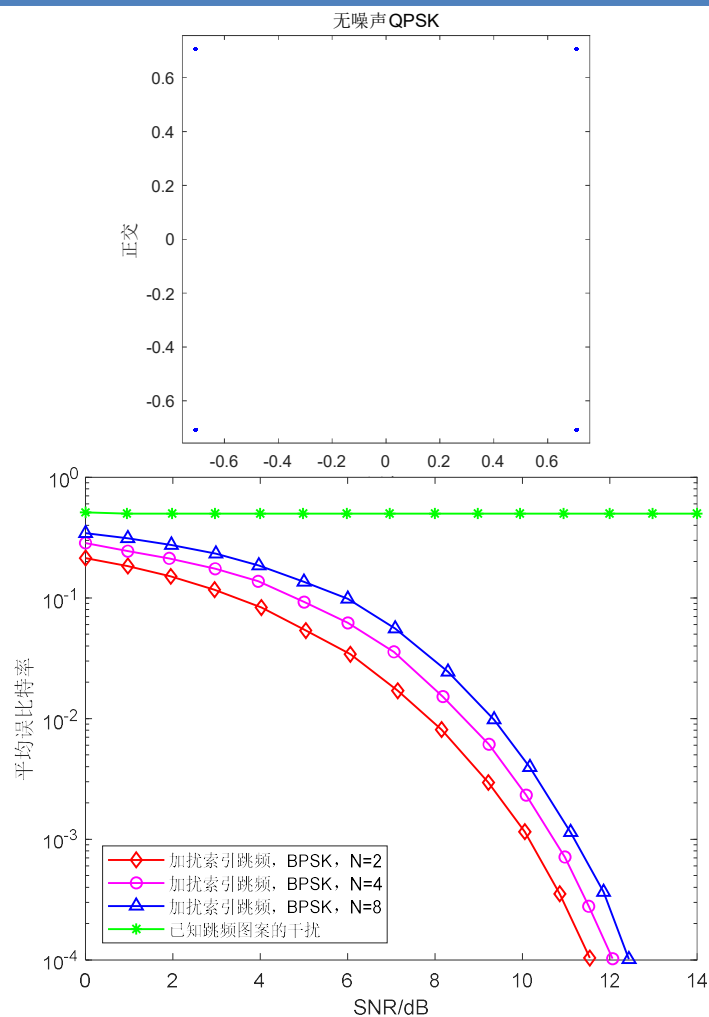
星座图加扰
信息索引跳频



星座加扰的索引跳频抗干扰：星座图加扰，根据信息索引产生不同的跳频图案

三、关键技术-频域处理方法

方案效能



星座加扰和索引跳频图样，实现传输自适应跳频图样抗干扰能力生成

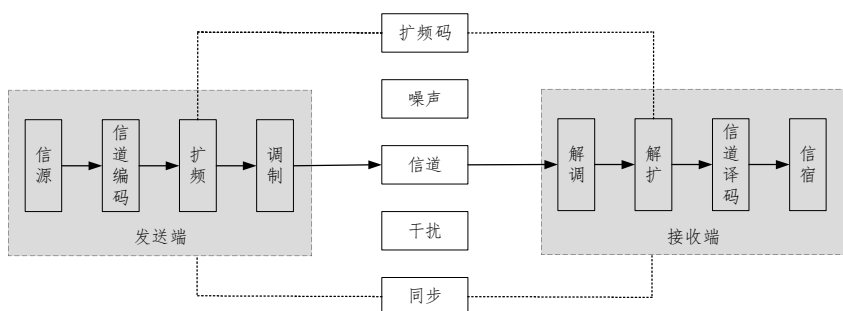
三、关键技术- 码域处理方法

瓶颈问题

- (1) 码字伪随机程度低
- (2) 码字生成复杂

解决方案

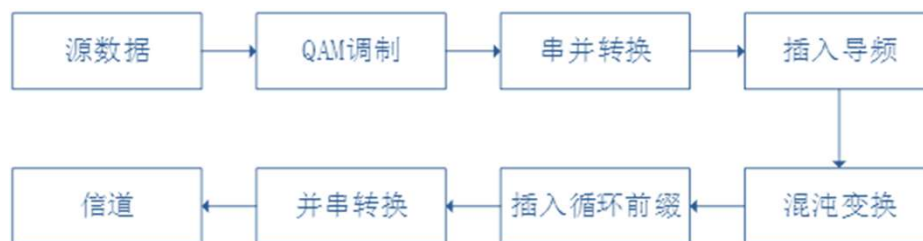
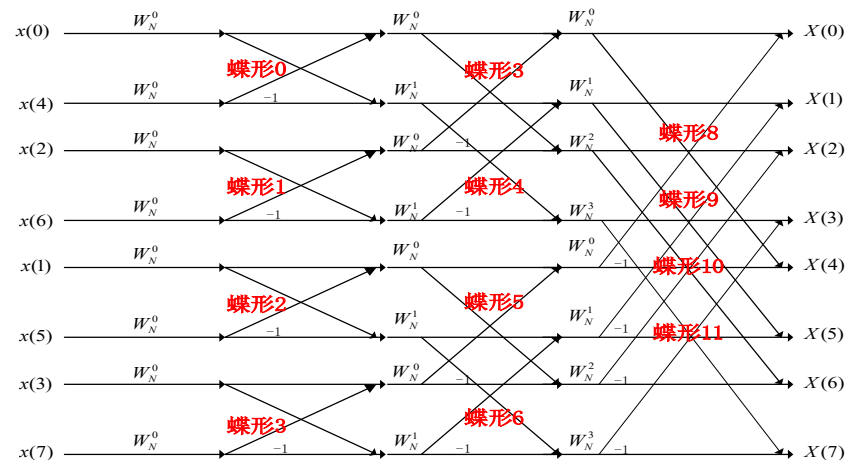
扩频技术



混沌序列扩频

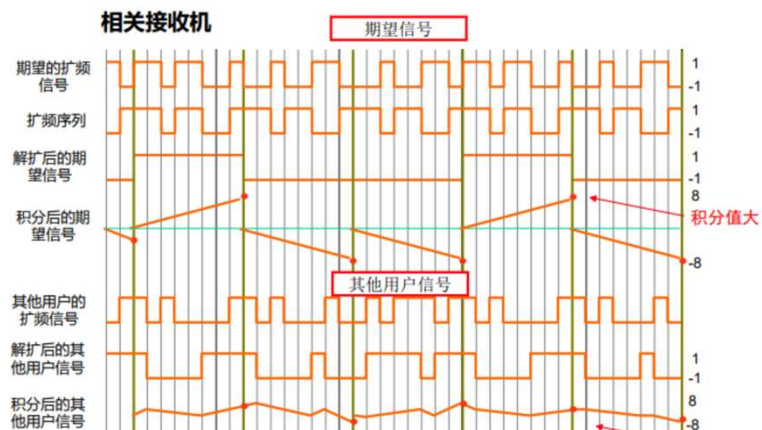


蝶形低复杂



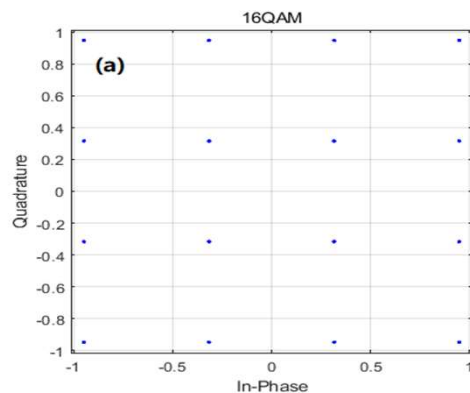
蝶形伪随机混沌码域抗干扰

混沌序列调制抗干扰：利用生成复杂度线性的非线性序列，产生类高斯噪声的信号

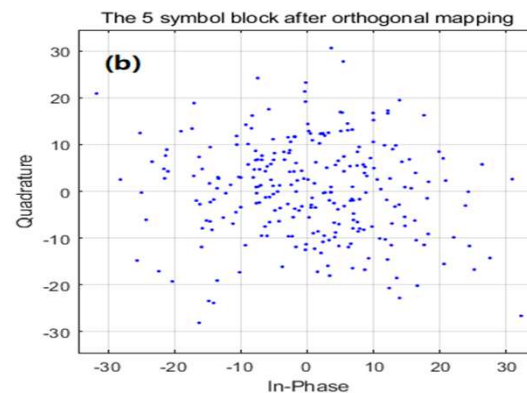


三、关键技术- 码域处理方法

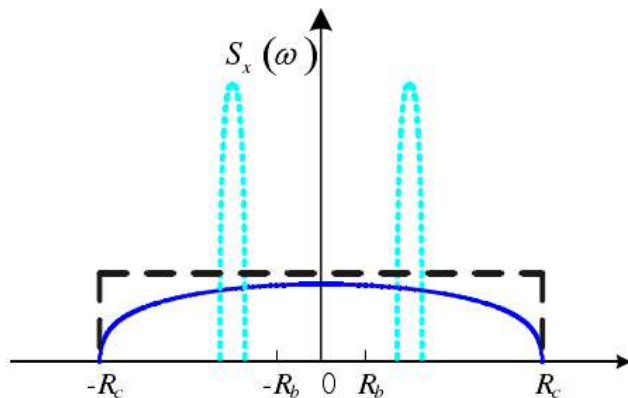
方案效能



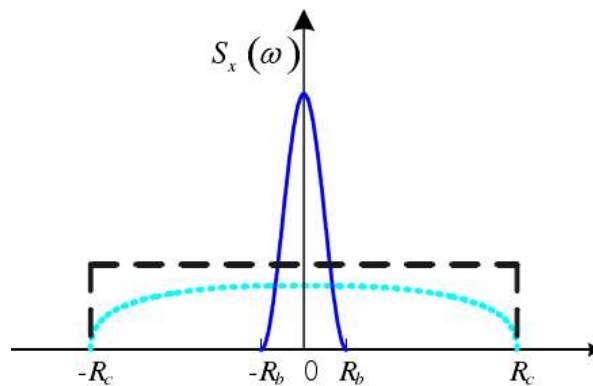
原星座图



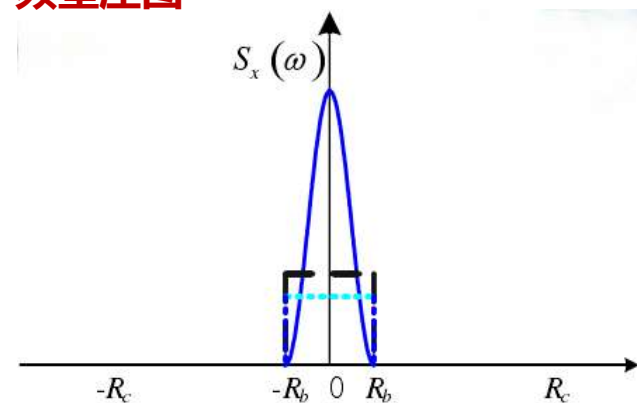
混沌序列扩频星座图



扩频信号功率谱



解扩信号功率谱

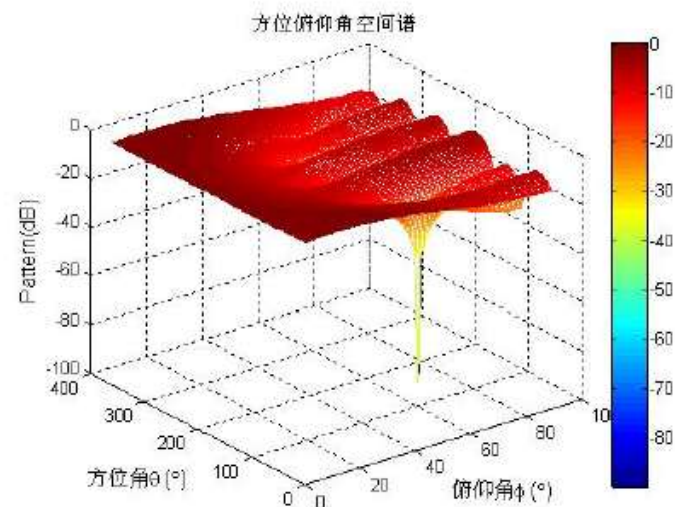
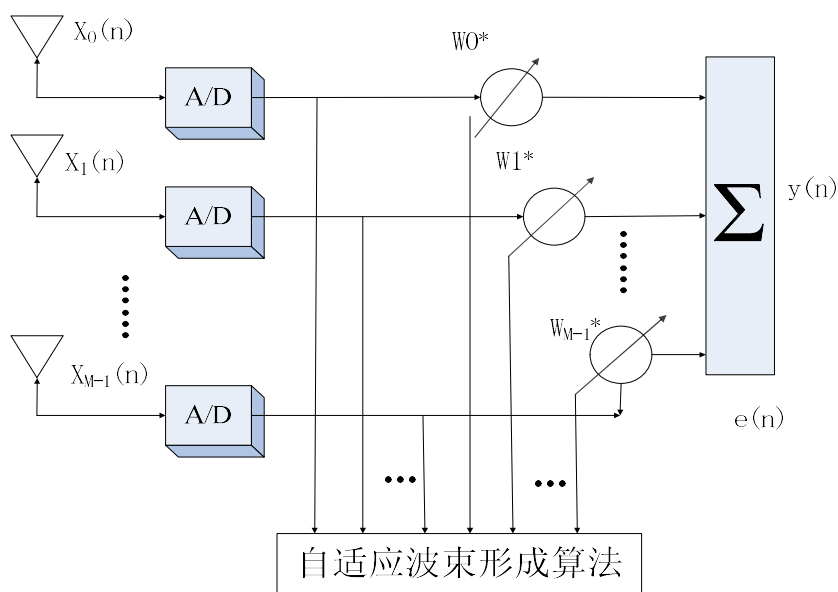


低通滤波后信号功率谱

实现传输信号功率谱密度白噪声化

三、关键技术- 阵列处理方法

1 空域调零



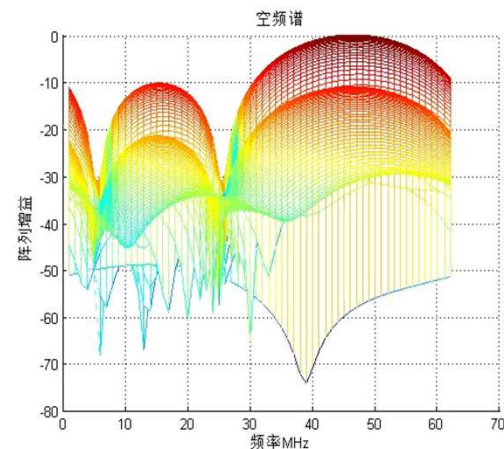
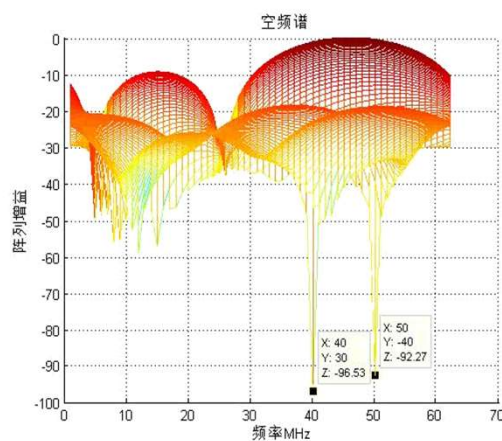
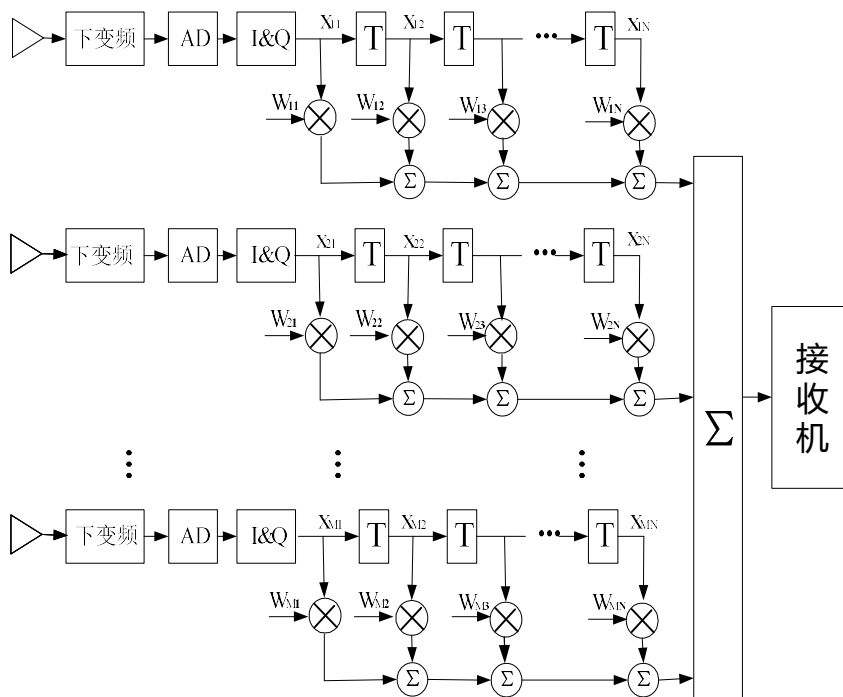
缺点

- 要提高抗干扰数量则需提高阵元数量，这将大大增加硬件成本→**低自由度**
- 很难在空间上将来向相同或者相近的干扰信号和通信信号区分开→**抗干扰效果差**

三、关键技术- 阵列处理方法

2 空时处理

空时二维处理是将一维的时域及空域滤波推广到时间与空间的二维域中，形成空时二维处理结构。



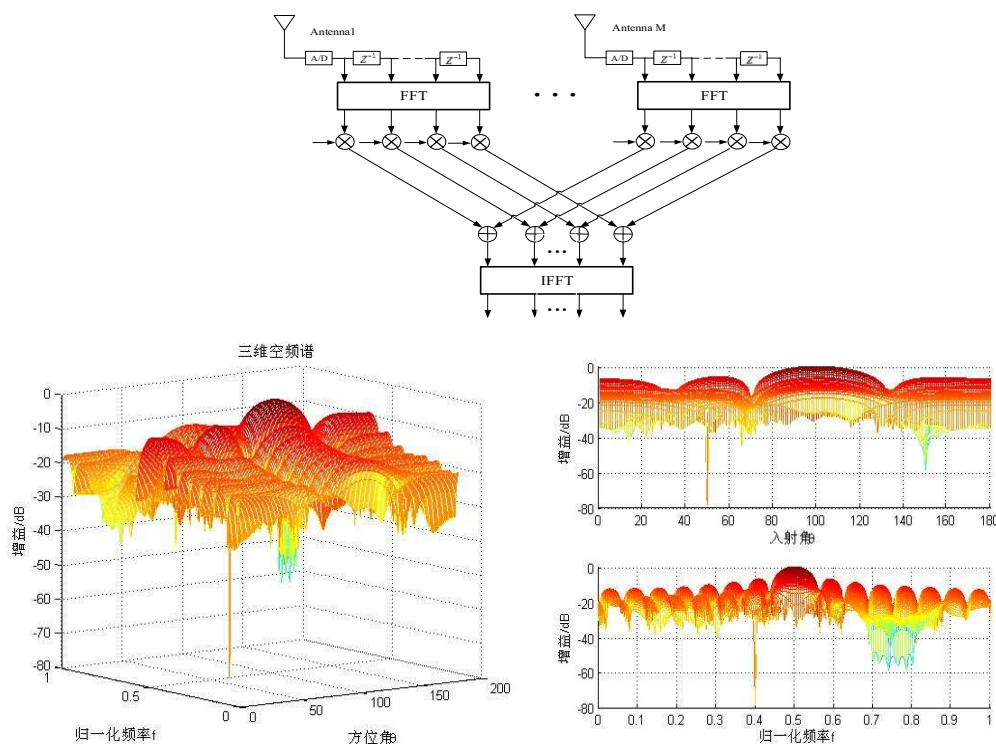
缺点

- 由于在采样数据流中加入了时间抽头，相当于在时域作了FIR滤波，此种滤波将具有频率选择特性→**通信信号失真**

三、关键技术- 阵列处理方法

3 空频处理

空频二维处理基本思想是将操作带宽划分为多个子带，在每个子带内完成自适应滤波。



■ 对实际系统误差更加敏感

- 通道失配--通道幅相误差、阵元方向图不一致性
- 阵元互耦--通道隔离度下降，抗干扰性能下降
- 阵元间距越小，抗干扰性能下降更明显

■ 对信号的质量影响较大

- 信号误码率提升
- 损失链路信噪比

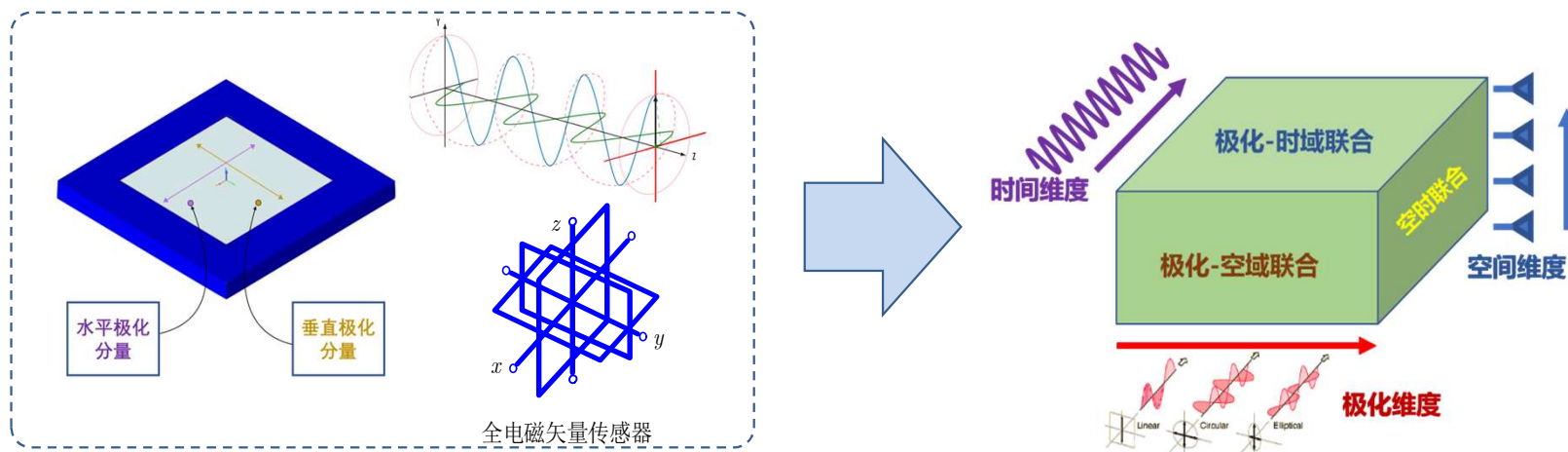
■ 计算复杂度相对较高

三、关键技术- 阵列处理方法

4 极化多维域抗干扰

瓶颈问题

(1) “高性能”与“小型化”矛盾 (2) 抗宽带干扰数目受限



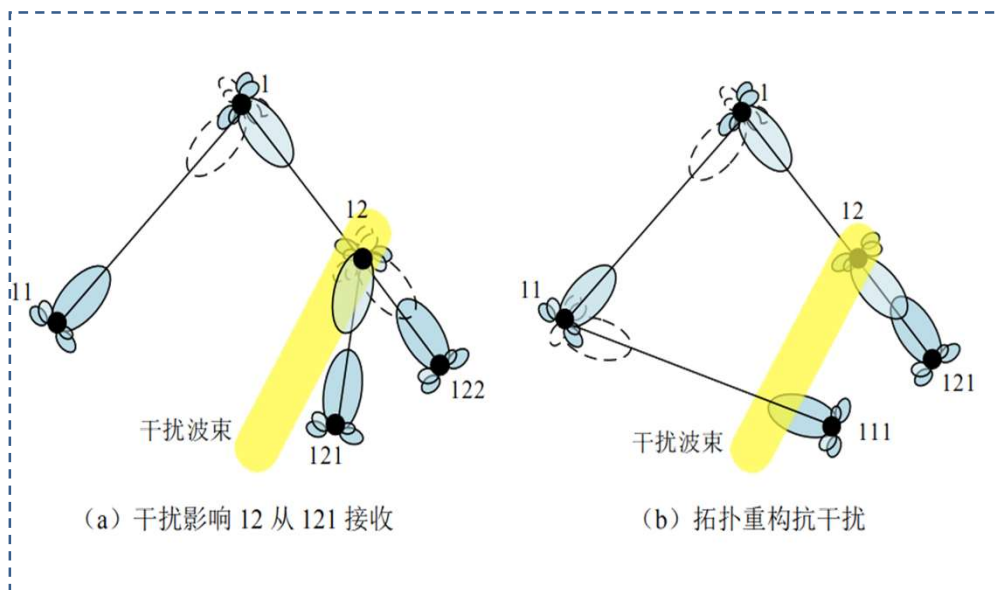
通过极化-空-时-频广义高维多线性映射机理，实现极化多维张量表征重构的联合干扰抑制。

形成能力

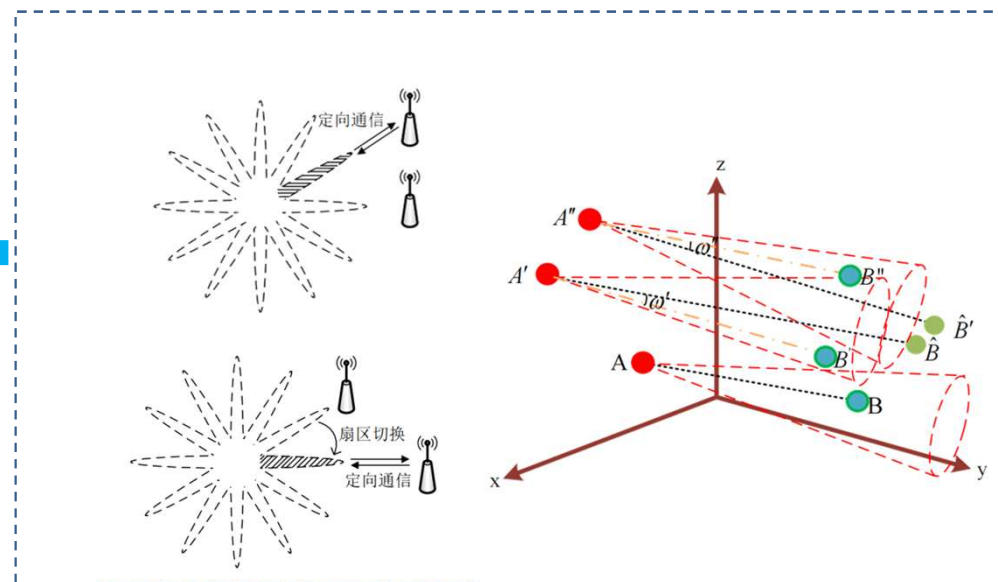
- (1) 突破阵元数量对抗干扰数量的限制
- (2) 同等抗干扰性能条件下，阵列尺寸大幅缩减

三、关键技术- 组网抗干扰

组网抗干扰：利用节点间的协作通信，实现**变拓扑**的组网抗干扰，使得网络具备**干扰绕行能力**



利用分布式协作增益，
自适应调整拓扑结构，规避指向性干扰



利用天线扇区切换
实现分布式位姿变换波束稳定跟踪

» 三、关键技术- 组网抗干扰

- 具有伪装节点接入拒止能力
- 协同抗干扰交互开销低
- 升“链路级”为“网络级”抗干扰
- 与空域抗干扰技术深度耦合

复杂电磁环境下无人飞行器集群任务



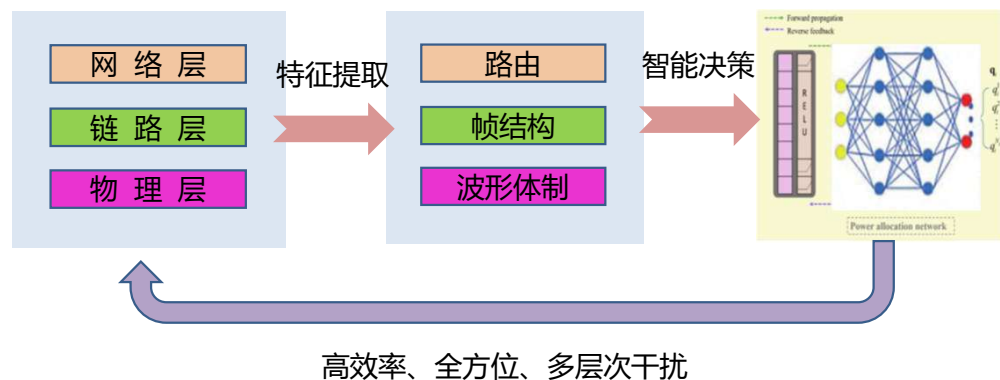
高密度城市场景智慧交通网络



实现“物理层-链路层-网络层”的跨层联合组网抗干扰能力

三、关键技术- 智能电子对抗

智能干扰

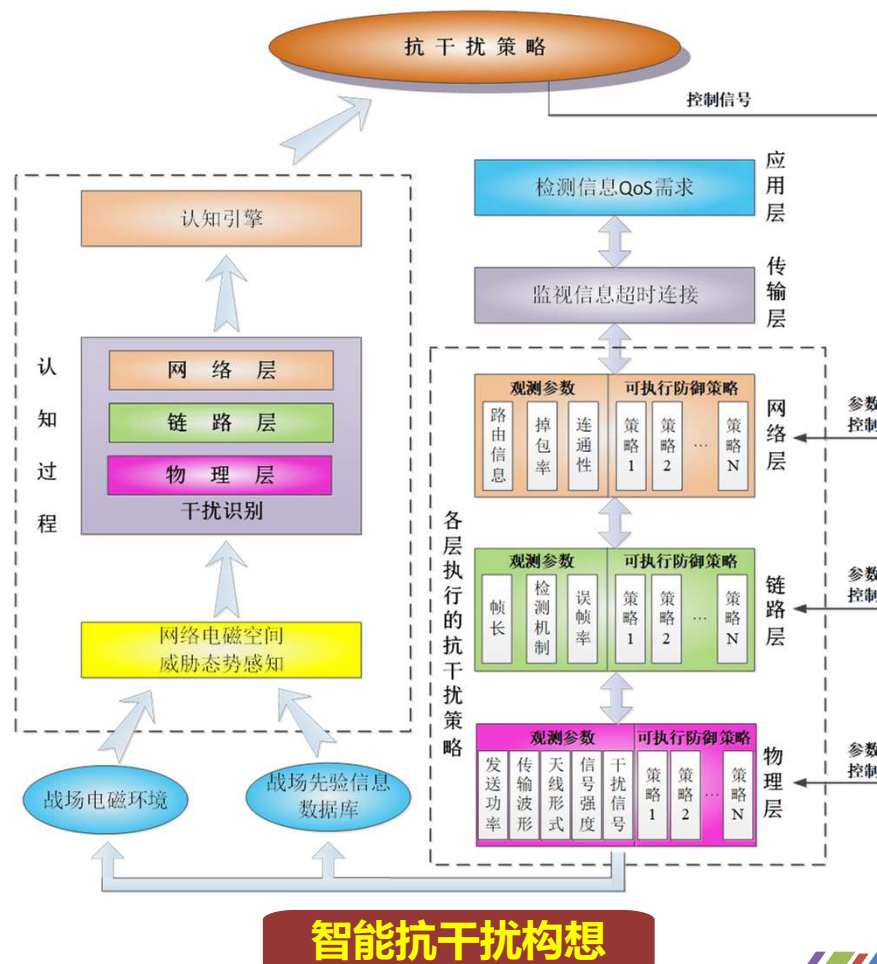


人工智能令干扰方式更加灵活、高效、隐蔽，
其捷变、跨层、复合化特性降效常规抗干扰能力

智能抗干扰：具备自主感知、实时反应、评估反馈能力

智能干扰

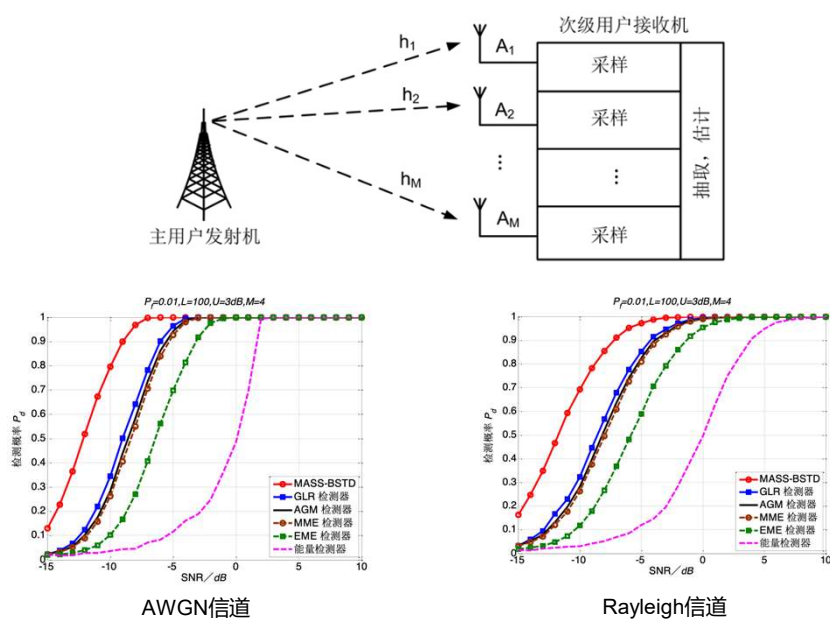
智能抗干扰构想



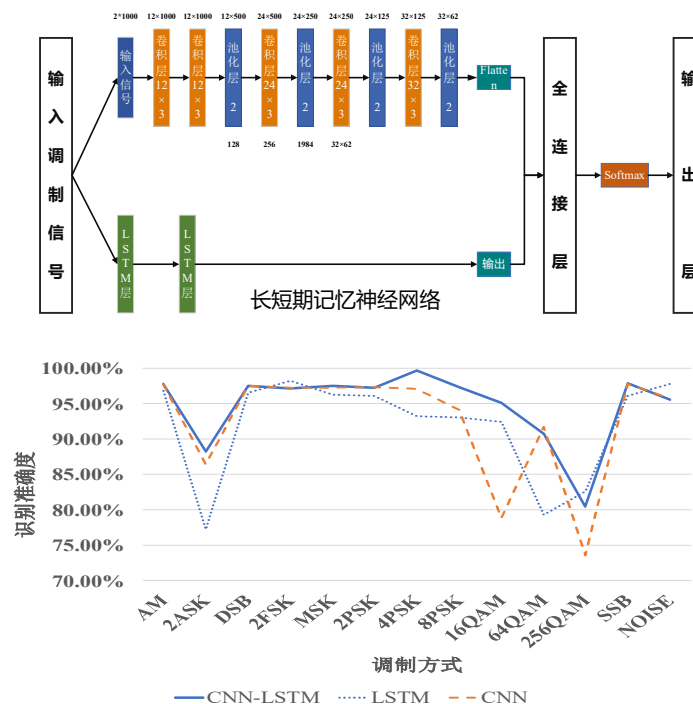
三、关键技术- 智能电子对抗

1. 干扰环境认知：感知电磁环境，为智能抗干扰决策提供依据

■ 时频域、空域、变换域干扰检测



■ 干扰信号特征识别



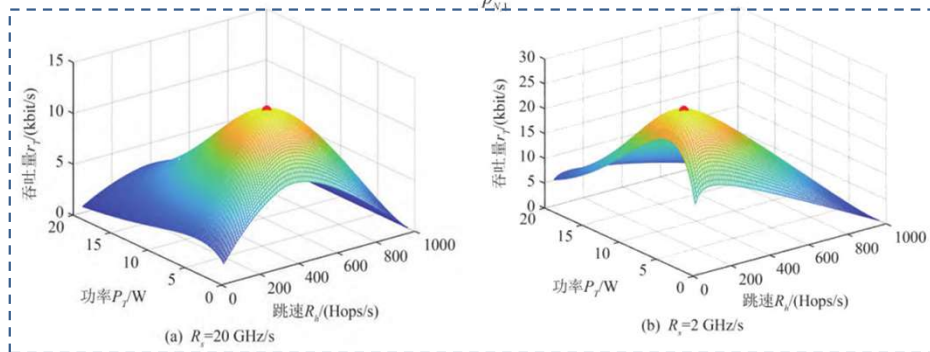
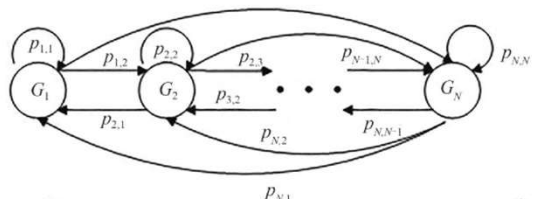
空时联合频谱感知——

多天线获取**空间**分集、过采样获取**时间**分集

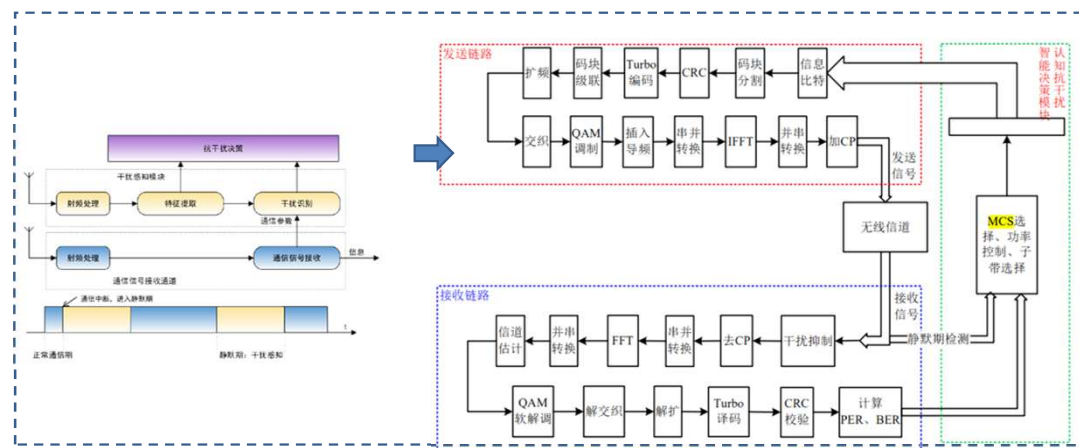
基于深度学习的信号调制识别

三、关键技术- 智能电子对抗

2.智能决策：根据干扰环境，对系统的干扰抑制方式、频谱资源分配、调制编码方式、功率调整信息等进行最优决策



跳频系统：采用马尔可夫博弈
优化发射机功率、跳速



非跳频系统：采用生成对抗网络
优化星座图、信道编码、功率分配

» 三、关键技术– 智能电子对抗

□智能抗干扰面临技术挑战：

- 如何针对复杂、动态的对抗环境构建符合实际的**数学模型**？
- 如何设计合适的效用函数**指导对抗策略生成**？
- 未知对手先验信息的条件下，如何**获取有效训练数据**？
- 如何**降低**学习训练过程所花费的**时间**？
- 针对多用户协同决策，如何解决**大规模网络信息交互困难**的问题？
- 如何解决多用户**各自独立决策**的矛盾和冲突？
-

随着对抗双方智能化的提升，通信对抗终将演变为**智能算法**和**计算资源**的对抗

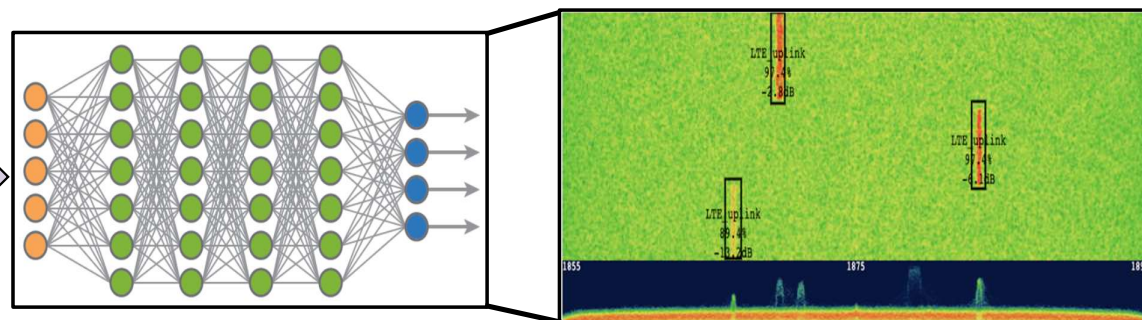
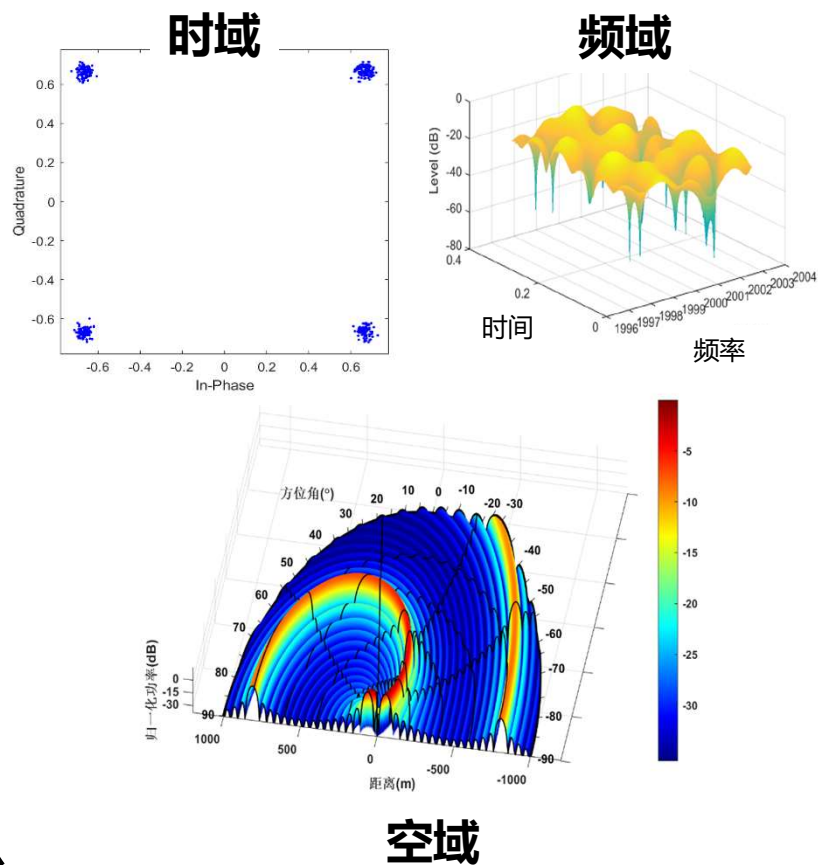
三、关键技术-电子对抗

	适用范围	优势	缺陷
时域抗干扰	窄带干扰	成本低，体积小	只能处理与通信信号相关度较差的窄带干扰
频域抗干扰	带宽有限的窄带干扰	窄带干扰抑制能力较强，成本低，体积小	① 延迟通信信号获取和处理时间 ② 削弱通信信号本身 ③ 不适用于宽带干扰
空域抗干扰	宽带及窄带干扰	不受干扰样式影响，抗干扰能力强	① 抗干扰数目受限于阵元数 ② 抗干扰空间分辨率有限
组网抗干扰	宽带及窄带干扰	增加了抗干扰自由度，抗干扰能力增强	① 信息交互开销大； ② 协议设计复杂
智能抗干扰	复杂干扰	可对抗智能干扰	复杂度高，计算量大

随着设备计算能力大幅提高，以计算复杂度换取抗干扰性能可降低对通信性能的影响

三、关键技术-低截获通信

传统范式: 基于经典傅里叶变换与“时-频”表征框架



智能频谱态势感知场景下安全保密能力急剧下降

隐不住

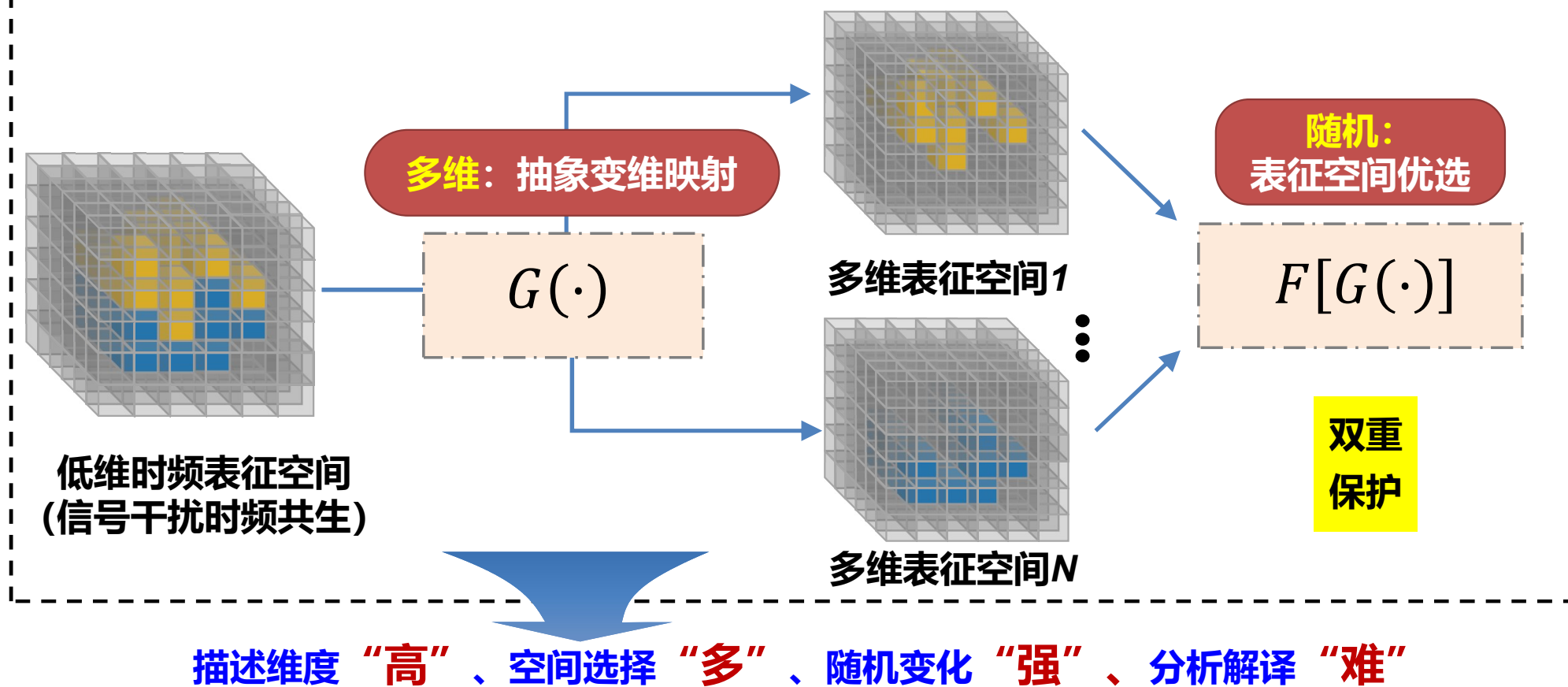
藏不深

效率低

表征空间较固定, 优化参数维度较低, 随机变化有限

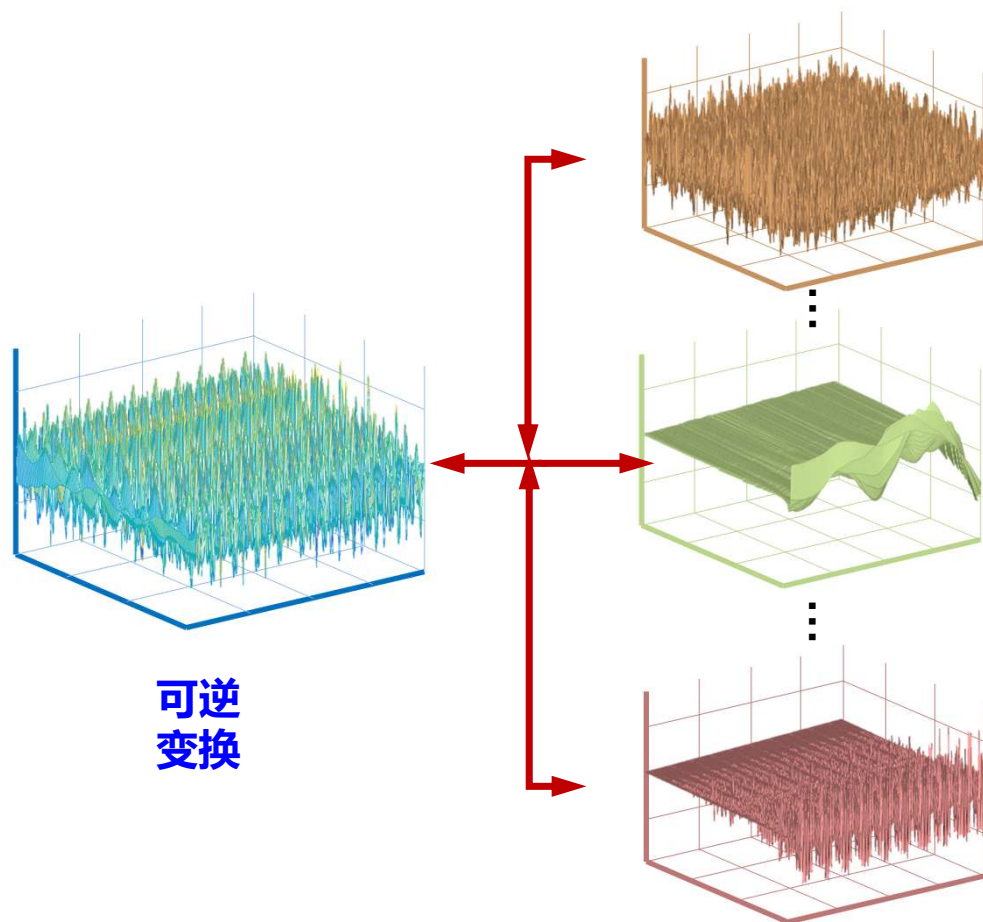
三、关键技术- 低截获通信

『多维随机表征空间』：时频低维空间的信号可在抽象多维空间无失真等效表征



三、关键技术- 低截获通信

表征映射变换均具备可逆性、封闭性



加法、乘法
封闭性

可逆映射函数

$x \leftarrow \text{可逆映射} \rightarrow y$

$$y_k = G_\eta[x_l] = \psi_1 e^{j\psi_2} \sum_m x_l e^{\Theta_1(m)} e^{-\Theta_2(m)}$$

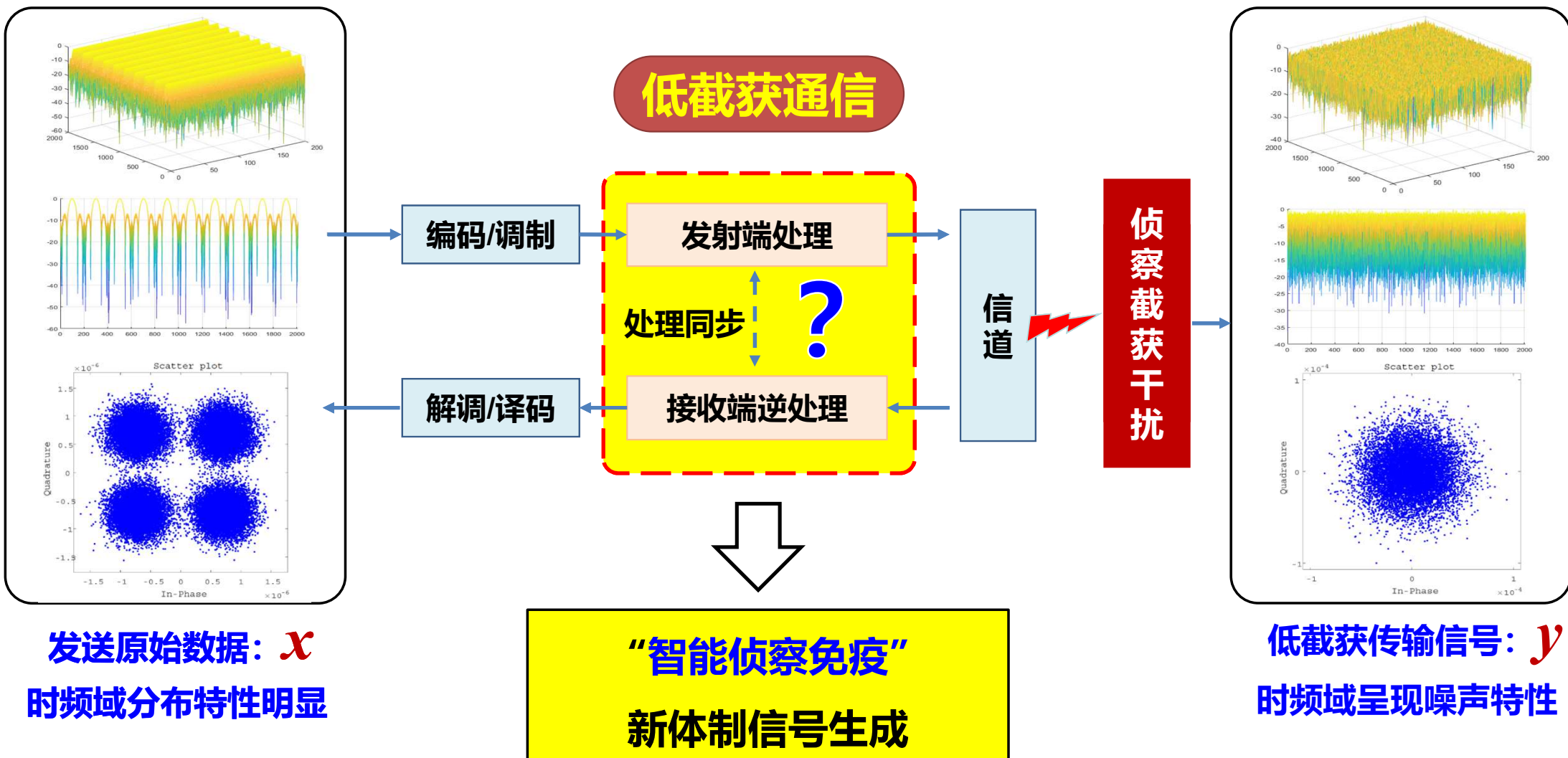
$\vdots$

$$y_k = G_\varphi[x_l] = \xi \sum_m x_l \Psi_{p,q}(m)$$

$\vdots$

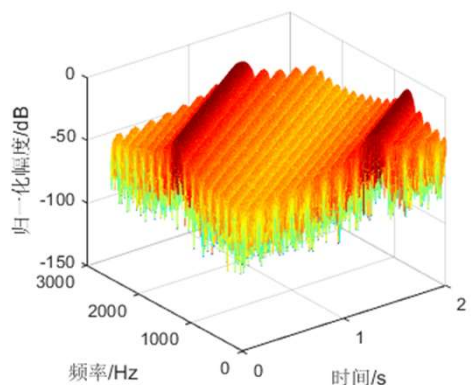
$$y_k = G_\beta[x_l] = \sum_n \sum_m x_l e^{-j2\pi \left(\frac{ml}{M} - \frac{nq}{N} \right)}$$

三、关键技术- 低截获通信

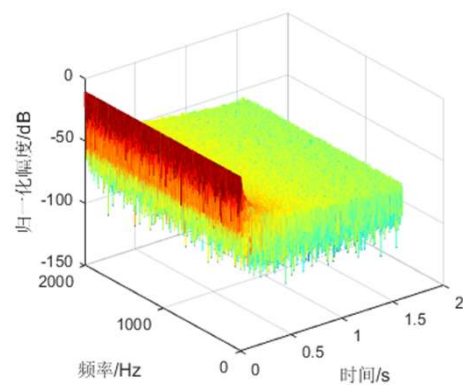


三、关键技术-低截获通信

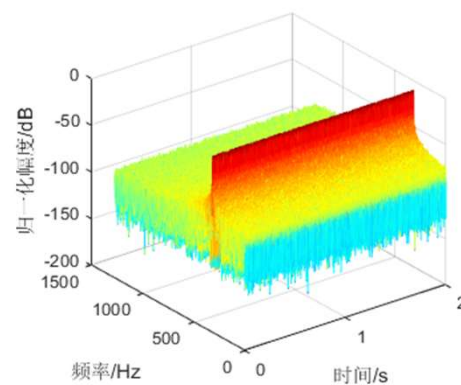
扫频干扰



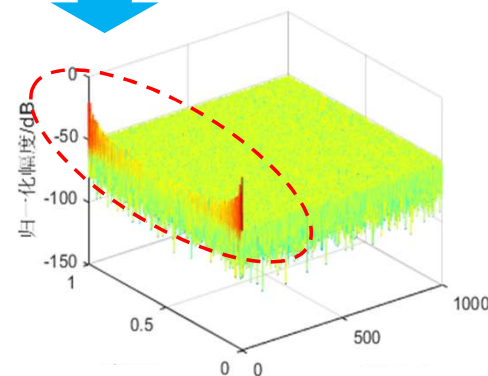
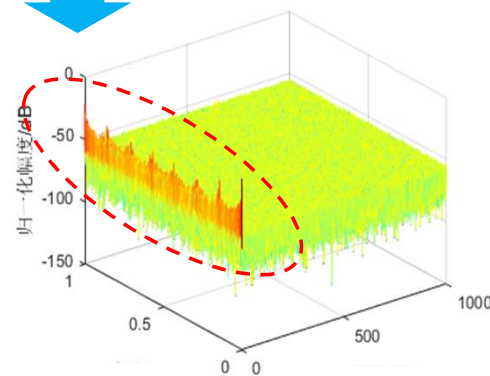
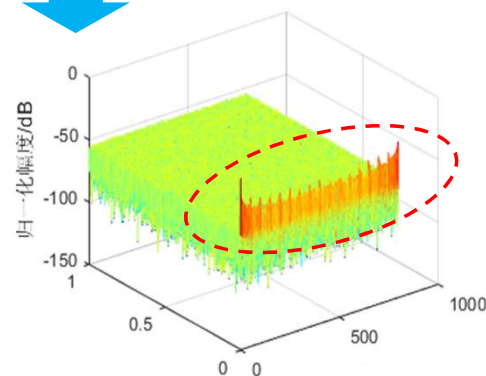
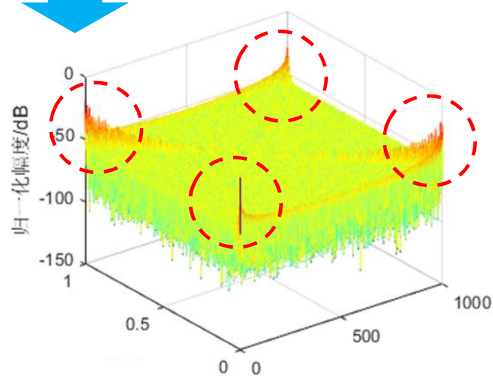
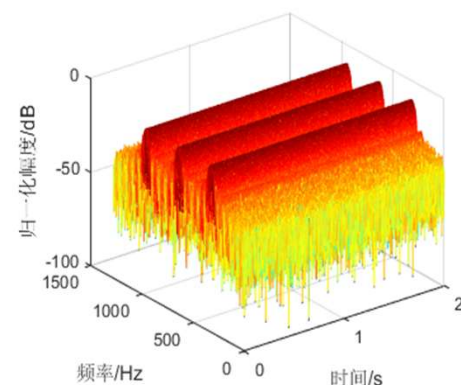
脉冲干扰



单音干扰



多音干扰

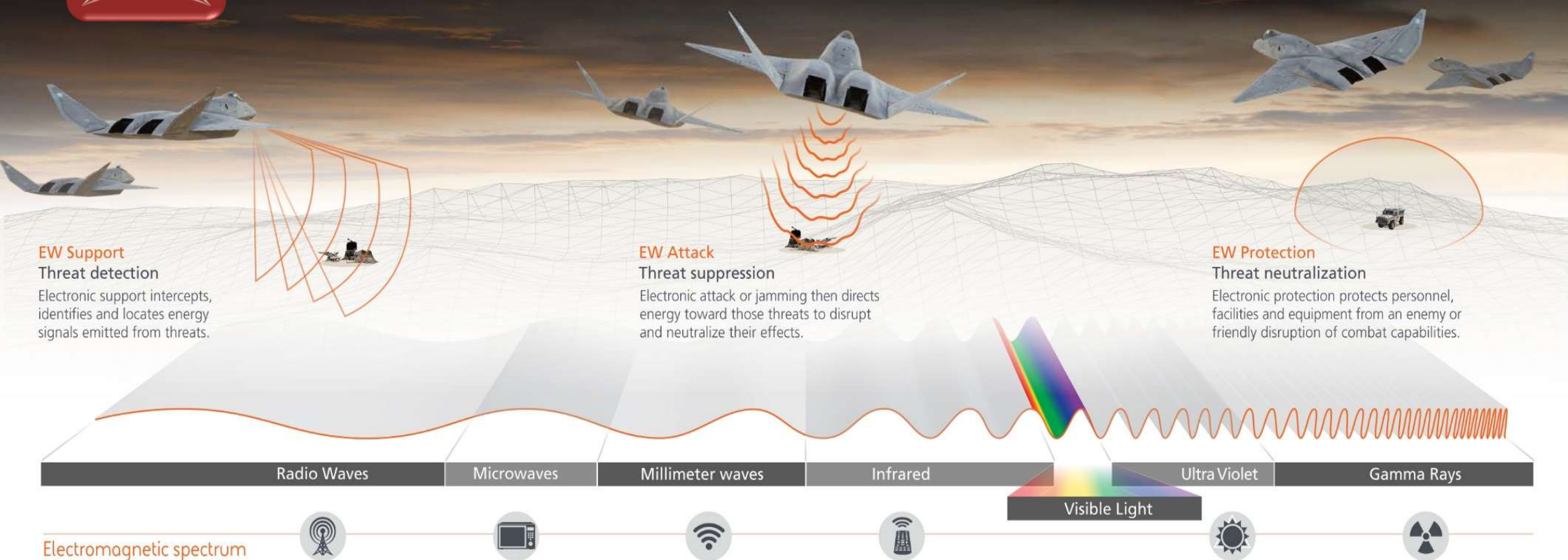


兼容现有抗干扰方法，实现多种电磁干扰的有效抑制，进一步提升通信抗干扰能力

» 三、关键技术



“通信对抗—通信抗干扰”相互博弈、此消彼长，是电磁频谱争夺中的关键要素



通信对抗方式面临新兴挑战，更快、更准、更强！



感谢各位专家!

敬请批评指正!