

# 雷达通信一体化研究现状和未来发展趋势

刘升财\* 雷 敏 蒋千军

四川九州电器集团有限责任公司 四川 绵阳 621000

**摘 要:** 随着科学技术的快速发展, 雷达通信一体化发展程度逐渐地加深。在这种情况之下, 可以更好地保证信息有效的传输。本文主要介绍了雷达通信一体化概念, 分析了雷达通信一体化研究现状, 探究了雷达通信一体化未来发展趋势。

**关键词:** 雷达通信一体化; 信号处理; 波形设计

**DOI:** <https://doi.org/10.37155/2717-5170-0305-12>

## 引言

雷达传感与无线通信是现代无线电技术中使用率极高的应用, 两种应用功能不同, 频段各自独立, 雷达传感多用于目标探测与识别, 无线通信则多用于信息传输。随着无线电技术的广泛使用, 电磁频谱目前已出现拥挤现象, 对雷达传感与无线通信的应用均造成影响, 尤其是在武器平台威胁不断增多与电磁环境不断复杂的情况下, 仅单一电子装备已经无法满足作战形式逐渐丰富的未来战争。研究表明, 将雷达传感与无线通信有效结合起来, 可使雷达探测与信息传输同时进行, 既能缓解两者之间相互干扰, 也能提高系统工作效率, 目前已得到军事、智能交通等多个领域的重点关注。

## 1 雷达通信一体化概念

雷达通信一体化主要指的是把雷达与通信两者通科学地融合在一个平台上的方法, 发挥两者的功能、作用。通过应用一体化平台, 既可以探测目标, 又可以完成追踪任务。在雷达通信一体化下, 信息数据的共享性大幅度提高。其的共享性根据时域、空域和频域可划分为三大类型, 分别是时间共享、子波束共享与一体化信号共享<sup>[1]</sup>。在社会快速发展的环境下, 雷达通信一体化发展水平将会有效提高。

## 2 雷达通信一体化研究现状

### 2.1 波形设计

**LFM一体化波形设计:** 国外研究者通过对波形设计时需考虑的波形种类、波形指标、带宽、波形分集、模糊函数等多方面因素进行分析, 其认为采用LFM信号和扩频信号行一体化波形设计时, 需要着重考虑模糊函数、相关函数及正交性三方面内容, 方可确保雷达通信一体化的波形设计得以实现。**OFDM一体化波形设计:** 国外研究者通过对OFDM一体化波形模糊函数进行研究分析, 其认为与LFM雷达相比, OFDM雷达可能具有更好的距离-多普勒模糊性, 并且还能对其性能特征进行有效保留, 另有国外研究者基利用直接序列扩频与Chirp信号恒包络的特性, 设计出一种直接序列扩频编码OFDM的Chirp信号, 也有国内研究者采用OFDM-IDM的方式使多用户接入得以实现, 结合使用独立发送数据的接收端, 促使模糊函数的峰值旁瓣显著降低。**MIMO一体化波形设计:** 与其他类型雷达相比, MIMO雷达具备的空间分集和波形分集的特性, 可使其在缓解衰落、抑制干扰、提升分辨率等方面发挥出巨大作用, 由于MIMO雷达与通信技术的结合, 可大幅度提高信道容量, 因此MIMO雷达通信一体化的研究工作也逐渐开展起来<sup>[2]</sup>。国外研究者应用MIMO天线阵列实现方向增强, 并提升抑制干扰能力, 国内研究者也通过发射天线阵列上的空间频率编码, 发射出通信数据, 同时在子阵级波束形成技术的参与下, 实现MIMO雷达的广域探测和定向通信。

### 2.2 信号处理

#### 2.2.1 一体化信号通信处理

**\*通讯作者:** 刘升财, 1989.6, 汉, 男, 四川遂宁, 四川九州电器集团有限责任公司, 中级工程师, 硕士, 研究方向: 电子与通信工程。

Huang等人指出了信道稀疏对通信会产生重要的影响,因此要采取措施规避这种影响。通过研究发现,疏自适应匹配追踪(SAMP)算法可以有效地解决这些问题。所以,要积极地将这种算法融入到一体化信号通信处理中。Tian等人通过研究发现通过权值加窗对接收数据进行FFT变换,同时做好解调工作之后,可以改善信噪比,强化通信效果。Momin等人研究了一种科学有效的算法,即元启发式算法,通过把这种算应用到一体化信号通信处理中,可以保证信号接收、传输效果。

### 2.2.2 一体化信号雷达处理

Yoke等人发现,传统的处理方法传输的效率低,所以他们探究了改进信号传输的方式。研究发现,通过杂波重构与分离OFDM一体化波形接收端,就可以提升信号传输水平。Tigrek等人发现OFDM雷达具有很大的优势,主要是因其不仅可以保证距离传输效率,而且可以多普勒处理工作。Duan在一体化信号雷达处理的过程中需要提前估算目标的径向速度。但是如何保证估算的准确性是当时需要重点解决的问题<sup>[3]</sup>。经过研究发现,通过应用三种关于OFDM信号多普勒处理方法,可以更好地实现该目标。

### 2.2.3 系统设计

国外有关研究部门通过研制出超带宽SAR,构建出一套雷达通信一体化系统,并对其应用场景进行假想,假想中多个无人机组成侦查雷达网络,对目标行探测识别,生成图像并传输于无人机平台间,从而达到雷达侦察与通信融为一体的效果。另有国外研究者将汽车作为雷达通信一体化系统的基础单位,联合多辆汽车,构成MIMO-OFDM联合雷达通信一体化系统,并对其在干扰条件下数据传输与探测性能的变化进行研究,结果显示即使在干扰条件下,一体化系统依然可以实现对多个标记目标进行较为清晰的距离-速度成像。

## 3 雷达通信一体化发展趋势

### 3.1 微小型一体化系统是雷达通信一体化的必然发展趋势

微小型一体化系统是芯片化的一体化系统,可理解为在传统大型一体化系统的基础上对平台空间资源的进一步压缩,也可以理解为精细挖掘多维信号自由度的必要手段。这主要是因为,多维信号波形是一种在时间、空间、频率、极化、多普勒、编码、涡旋等多个维度内具备丰富自由度的广义波形。信号设计可利用的维度和自由度越多,多维信号波形的性能越高<sup>[4]</sup>。若在局部区域内广泛布设微小型、低成本的一体化系统,则可大幅提升信号在空间维度的自由度,进而为电磁信号空间的多功能并行一体化协同奠定基础。目前,先进微电子技术正进入后摩尔时代,微系统技术也不断向异构异质巨集成方向发展。因此,基于三维异构异质巨集成的微小型一体化系统是未来一体化系统的重点发展方向。

### 3.2 一体化程度越来越高

对于波形设计而言,采用LFM或扩频技术的一体化波形传输效率不高,引入OFDM技术可有效提高传输效率,但OFDM雷达通信一体化信号存在PAPR与PMEPR较高的问题,目前通过加权与相位编码的方法可有效缓解,却导致了脉冲压缩后旁瓣较高,因此需要综合考虑传输效率、PAPR与PMEPR水平、脉压旁瓣抑制等问题,从优化OFDM一体化信号的相位编码角度出发,考虑多参数联合优化设计的自适应方法,采用最佳通信编码与调制技术,改善一体化波形的模糊函数性能,降低PMEPR与PAPR,抑制一体化波形旁瓣与带外干扰,探索可满足实际应用需求的OFDM雷达通信一体化信号,而结合MIMO技术的雷达通信一体化波形在利用波形分集时还需要考虑波束成形与相位补偿等问题,以实现高效的雷达通信一体化<sup>[5]</sup>。

### 3.3 系统智能化发展趋势明显

协同组网雷达通信一体化系统对无人机(UAV)和无人驾驶飞行器(UVS)等无人驾驶平台形成侦察网络进行数据传输与目标探测侦察尤为适用。在无人机集群编队飞行系统中,智能协同自组织是无人机集群的重要发展方向,要实现智能协同自组织,需要设计先进的即时通信网络和可靠的智能感知算法,使集群中每个无人机都能实时感知周围的环境和目标,智能化的实现也将为未来军事无人机协同作战提供巨大潜力。另外,智能交通、智能驾驶系统的发展同样以感知周围环境并进行信息交互为基础,通过设计智能化的雷达通信一体化系统,将为推进智能城市的建设提供有力支撑<sup>[6]</sup>。

#### 4 结束语

综上所述,雷达通信一体化在军事领域、民用智能交通领域发挥着重要的作用。随着雷达通信一体化的深入发展,未来其将会发挥更大的价值。对于研究人员来讲,其需要深化研究雷达通信一体化发展方法,提升雷达通信一体化发展水平。

#### 参考文献:

- [1] 鉴福升,李洁,李迅,罗军,赵东伟.国外海岸警戒雷达现状与发展趋势[J].电讯技术,2020,60(02):245-250.
- [2] 陈毅,颜振亚,陈新年,郭波,史建涛.基于线性调频信号的探测通信一体化波形应用研究[J].信息化研究,2019,45(05):46-51.
- [3] 卢俊,张群飞,史文涛,张玲玲.探测通信一体化研究现状与发展趋势[J].信号处理,2019,35(09):1484-1495.
- [4] 曾瑞琪,刘方正,姜秋喜,樊霖晖,刘鑫.雷达通信一体化的六种主要技术体制[J].现代雷达,2019,41(02):10-14+30.
- [5] 肖博,霍凯,刘永祥.雷达通信一体化研究现状与发展趋势[J].电子与信息学报,2019,41(3):739-750.
- [6] 卢俊,张群飞,史文涛,等.探测通信一体化研究现状与发展趋势[J].信号处理,2020,35(9):1484-1495.