

雷达通信一体化研究现状和未来发展趋势

李 刚*

西安空间无线电技术研究所, 陕西 710100

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; 发展趋势; 一体化; 研究现状

一、引言

最初的雷达通信一体化是指, 在共享频谱、空间、时间和能量等资源条件下, 通过信号、通道和信息等层面上的统一设计, 实现一个通道、一个天线、一个信号对雷达和通信信息的统一承载。其初始的研究动机源于挖掘利用战机、舰船等作战平台的空间资源。通过共用控制与显示、数据处理、通道和射频前端等资源, 可大幅减少雷达、通信等电子设备占用的平台体积, 为隐身设计、燃油储备和武器弹药腾出空间。现阶段, 部分欧美国家已初步实现了该研究初衷, 并逐步将研究重点转移到微小型一体化系统和电磁信号一体化。基于泛在的低成本、微小型一体化系统, 可实现电磁空间的多功能一体化协同, 进而衍生出面向未来的新型一体化思想, 实现在任意时刻、任意地点和任意频点, 并行形成任意功能的目标。因此, 只有进一步实现微小型一体化和信号一体化, 才能真正意义上实现一体化。然而, 从理论模型和系统构型来看, 雷达和通信在信号、通道、处理和应用等方面存在许多固有的、不可调和的矛盾。

无论是传统大型一体化系统, 还是未来微小型一体化系统, 都面临着种种限制。其中, 信号一体化是两者的共同核心难点。因此, 为了实现雷达和通信的有机一体, 需要从理论上统一认识雷达传感与无线通信的信号模型, 从物理、数学角度揭示一体化物理本质和实现原理, 通过信号的一体化设计寻求电磁资源的统一共享和利用, 通过信息的一体化承载牵引孔径、通道、处理、管控等多方面的一体化设计, 逐步从雷达和通信的共存走向共生, 最终实现多种功能对电磁资源的统一操控^[1]。

二、雷达通信一体化系统设计思路

不管是雷达系统, 还是通信系统, 在运行原理上都能实现电磁波信号的发射或者接收。从系统结构上, 两者之间呈现出重叠状态, 例如, 天线、发射器等。在频率上, 通信系统只能在雷达范畴内接收相应信号, 而远程雷达则可以根据通信范畴进行信号接收。在信号特征上, 不具有显著性, 当前广泛应用的频率复用技术让现代雷达与通信信号之间有着一定相似性。根据上述分析内容得知, 即便雷达和信号两者间有着诸多差异, 但是其在工作原理以及系统结构上存在一定相似性, 因此在雷达系统设计过程中, 通过把通信技术应用其中, 利用雷达天线或者接收机实现信号的发射或者接收, 也可以在软件无线电技术的作用下, 将雷达和通信信号进行整合, 从而达到雷达通信一体化效果。

在虚线框中, 雷达系统中含有大量的硬件资源, 虚线外则包含一些能够改善通信功能的内容, 雷达系统发射机也可以作为通信发射机, 雷达天线则可以当做通信发射和接收天线, 雷达接收机拥有接收一体化信号的功能。通过在雷达通信一体化系统中安装信号分离器, 能够把雷达目标回波信号与通信信号充分分离, 只有将信号传递到对应处理器中, 实现信号处理。在此过程中, 不管是雷达中发射机, 还是接收机, 都可以和通信系统实现信息传递和共享, 发射的信号也就是雷达通信一体化信号, 其中不但包含探测目标功能, 也具有通信功能。针对通信接受设备来说, 通过在接收机中安装一个软件无线电设备, 能够把通信信号从中分离, 实现通信信号的解读和处理。而雷达系统则在获取通信分离器发出的信号以后, 使发射的信号传递到雷达信号处理器中, 将传递的信号显示出来^[2]。

三、雷达通信一体化研究现状

(一) 波形设计

* 通讯作者: 李刚, 1988年8月, 男, 汉族, 陕西西安人, 现任西安空间无线电技术研究所工程师, 中级工程师, 硕士研究生。研究方向: 雷达信息技术。

1. LFM一体化波形设计

研究人员在一体化波形设计方面提出了自己的观点。实际上,众多因素都会影响波形设计,为提升波形设计水平,相关研究人员需要探究影响波形设计的因素,以优化波形设计方案。就研究这些因素,发现波形指标、波形分集、波形种类等都是需要重点研究的波形设计因素。在进行一体化波形设计时,要获得较好的模糊函数性能的一体化波形。这样就可以更地开展定位和信息传输活动。

通过多次的实践研究得出:通过脉冲位置调制加载通信数据至时跳超宽带雷达脉冲上,就可以更好地实现设计目标。由于传统的LFM信号在测距和测速方面的表现并不是很好,主动地深化研究一体化波形设计方法,以此保证测距和测速精度。在研究的过程中,发现通过应用MSK调制LFM设计的一体化波形,可以更好地发挥性能。我国研究人员在LFM一体化波形设计中也做出了贡献,其中,杨瑞娟等人指出频分准正交多载波Chirp信号有利于提升雷达通信一体化发展水平,之后他们应用该信号进行了一体化波形设计工作,设计出一体化波形。对一体化波形设计工作继续进行了研究,指出连续相位编码与多相调频雷达波有助于设计一体化波形,并形成了研究成果^[3]。

2. OFDM一体化波形设计

在雷达通信一体化共享信号技术设计过程中,通过采取OFDM技术,能够有效拓展信号带宽,并且还能提高雷达分辨效率。对于OFDM雷达信号来说,在加载信号过程中,通过保证目标探测和数据通信一同进行,在接收端位置降低通信信号波形带来的影响,给雷达及时完成探测工作提供安全的环境,这样不但能够有效提升雷达信号处理效率,同时也能保证通信运行速度。在雷达接受回波的情况下,利用OFDM进行解调处理,这样能够及时获取接收数据信号。OFDM作为一种现代化高速数据通信技术,将其应用到雷达通信一体化信号共享技术中,能够给雷达通信一体化发展提供良好条件^[1]。

(二) 信号处理

1. 一体化信号通信处理

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,要积极地在这种算法融入一体化信号通信处理中。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。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^[3]。

2. 一体化信号雷达处理

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。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。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。

(三) 系统设计

系统设计涉及多项内容,是一项系统的工作。对系统设计工作进行了深入地研究,发现应用SBA-RA的定向邻近节点发现算法可以更好地获得位置信息。在这种情况下,不仅可以扩大扫描范围,而且可以提升系统的性能,以便提高雷达通信数据信息处理效果,真正地发挥雷达通信一体化系统优势。芬兰的Aalto大学Marian等人着重研究了目标参数估计问题,希望通过展开一系列的研究保证目标参数估计的准确性。而多载波雷达时延估计器则可以解决该问题^[4]。

四、发展趋势与展望

(一) 电磁信号一体化是雷达通信一体化的必然发展趋势

现阶段,雷达和通信已经在控制与显示、处理、通道、孔径方面初步实现了一体化。这能够减小系统平台体积、降低电子设备间的电磁干扰、提高平台的机动能力等。平台的空间资源得到了充分共享利用。但对于频谱资源而言,现有一体化系统的多种功能之间仍然处于生硬的、分割使用状态。电磁频谱资源的竞争局面并没有解决。日益增长的带宽需求、不断重合工作频段和指数增加的设备数量必将进一步加剧频谱资源的竞争和拥挤,导致局部区域的若干通信、雷达功能无法并行工作,如图1所示。

因此,为了真正意义上实现雷达、通信等多种功能的一体化协同,需要在控制与显示、处理、通道、孔径一体化的基础上,进一步实现信号的一体化。本文提出的多维信号波形为信号一体化的研究指明了方向^[5]。

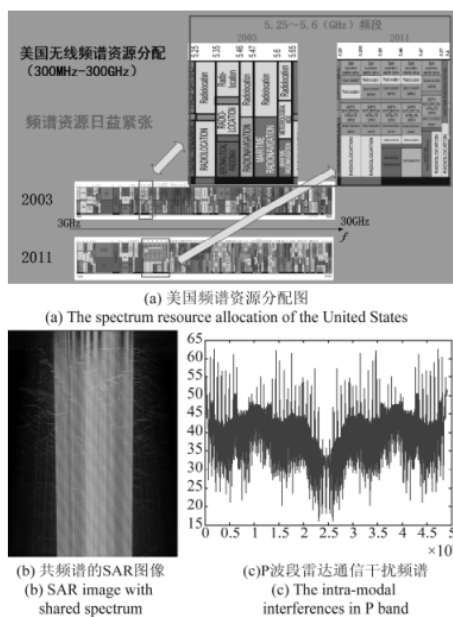


图1 频谱资源竞争与多功能串扰示意图

(二) 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。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^[5]。

五、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]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(03):739-750.
 [2]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.
 [3]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):236-247.
 [4]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(9):1484-1495.
 [5]刘玉涛,詹平,梁晨,吕玉静,李根.基于MIMO-OFDM的雷达通信一体化收发方法[J].计算机测量与控制, 2019,27(08):202-206.