

无人机通信链路抗干扰问题研究

张令军¹ 杨松²

1. 天津讯联科技有限公司; 2. 中兴通讯股份有限公司

[摘要]在未来的信息化战场上,无人机将得到越来越广泛的应用。有必要分析无人机通信链路的抗干扰技术,确定抗干扰技术的研究方向,采取有针对性的措施,提高无人机的稳定性和可靠性,充分发挥其应有的价值。

[关键词]无人机;通信链路;抗干扰

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1227

无人机作为一种重要的军事装备,广泛应用于侦察与反侦察、导航对抗、遥控遥测对抗等领域。为了保证无人机的稳定运行,必须保证通信系统的运行可靠性,为GPS导航及无线遥测遥控系统提供保障。基于电磁环境干扰,分析无人机通信链路的抗干扰手段,以提高其对环境的适应性,充分发挥其优势。

一、无人机通信链路干扰问题

1、遥测遥控信号干扰。①分布式干扰。在无人机的工作区域,有许多体积小、重量轻、成本低的小型电子干扰机,由程序控制,可自动干扰选定的军事电子设备。同时,其分布具有很大的随机性,可产生多向干扰扇面,对无人机产生大面积抑制干扰。若干扰方向数据不小于自适应调零天线阵元数量,则自适应调零控制将失效。②远程超大功率多信道干扰。采用空间功率合成技术、智能天线技术和相控阵技术实现对无人机通信链路关键节点的干扰,这种干扰不仅具有较宽的频段,而且具有避免近距离干扰危险的特性。

2、GPS导航系统干扰。GPS卫星无线电导航信号应选择低信噪比的扩谱调制传输方式。GPS军码信号的编码周期较长,因此就当前应用现状来看,很难产生足够的高功率干扰信号来抵消GPS接收机的扩频增益。最常见的无线电导航干扰,如转发瞄准、宽带阻塞、离散拦阻式等,主要采用:①信息干扰,通过发射高功率杂波信号干扰导航信息的正确获取及使用;②信息源的摧毁导致整个导航系统瘫痪。

二、无人机通信链路抗干扰措施

1、遥测遥控信号抗干扰措施。无线遥测遥控信号采用的抗干扰措施有跳频、直接序列扩频、跳时、扩跳结合等。随着信号处理技术的发展,遥控遥测信号形式变得较复杂,不仅采用了各种抗干扰措施,而且对信源编码采用了各种加密方法。在这种情况下,难以实现反遥控方式。因此,大多数针对现代遥测遥控信号的对抗措施都采用干扰破坏其信息传递方法。鉴于上述特点,可从以下方面提高遥控遥测信号在无人机通信中的抗干扰能力:

1)降低地面遥控指令发射机发射功率。从遥控角度来看,由于在大多数需要战术机动情况下,从遥控开始到机动完成时间约为秒级,因此遥控指令速率约为1kb/s量级,足以使用。由于遥控指令码速率低,机载遥控接收机带宽可非常窄,因此具有较高灵敏度,这样可通过降低地面遥控指令发射机发射功率来减少电磁辐射。此外,若条件允许,还可使用雷达反辐射导弹技术,如减少天线副瓣辐射、多站组网和

诱饵站等,以降低地面站截获概率。

2)自适应阵-扩频技术抗干扰系统。从技术层面提出了一种利用自适应天线阵和扩频技术提高无人机通信抗干扰能力的方法,该无人机抗干扰系统由以下部分组成:

①自适应阵处理部分。对无人机情报传输系统,电子干扰先从天线进入收信系统,自适应阵列处理系统是在天线中设置一道关卡,对输入信号及干扰进行自适应处理,抑制干扰,提高接收信号信噪比;利用接收信号信息,可估计接收信号来向,自适应调整天线阵列发射方向图,使其与接收信号主方向对准,以实现自适应天线阵的发射。

②扩频通信部分。包括收发部分,接收部分对自适应阵输出信号进行解扩、解调、解码,并提供自适应阵所需参考信号;发送部分采集并编码信号,然后执行调制、扩频等,以获得所需扩频发射信号。

③中心处理计算机部分。完成系统自检、初始化、监测、模式控制和转换,处理各种情报信息,实现信息交换处理。

与常规通信相比,扩频通信具有较强抗窄带干扰能力,但其抗干扰增益取决于频域的扩展比。一旦干扰强度增强到一定程度,扩频系统就不能满足抗干扰要求。当前,全景接收机在国外已用于检测扩频信号,相关分析法已用于识别直接序列扩频信号中的扩频码,跟踪干扰速度正在进一步提高,以应对跳频通信。因此,在无人机情报传输系统中采用扩频技术时,需考虑能抑制干扰的硬设备。自适应天线阵不是被动地避免干扰,而是在强干扰环境中求生存的一种设备。

上述系统在扩频系统前端执行自适应阵处理,一方面,可利用其方向滤波特性来补充频域滤波。另一方面,其抑制强干扰能力将充分发挥作用。当干扰较弱时,将取决于扩频增益。阵处理器输出信噪比总是随干扰增加而减小,但理论上有一个下限,只要扩频增益可弥补最低信噪比,两者可互补。对强干扰或弱干扰,利用各自优势可达到抵消干扰目的,提高无人机通信链路的生存能力。由于扩频信号具有扩频码自我捕获功能,因此可保证参考信号的提取。此外,自适应天线阵能方便锁定及跟踪编码信号,并抑制干扰。

3)改进无人机操控手段,确保通信链路畅通。从现代电磁环境下无人机通信系统的威胁出发,给出一些反辐射武器(以反辐射导弹为例)的切实可行控制措施:

①无人机采用发射控制技术。即使发射停止时间比工作

时间大几倍,反辐射导弹也无法获得足够的数 据,难以保持实时高精度跟踪。此外,从侦察角度来看,只要正确选择无人机向地面站发送侦察图像及数据时间占空比(即发射停止与工作时间比)、摄像机视角和飞行速度,并在地面站存储侦察图像和航迹点,以确保无缝隙覆盖目标区域。

②由于反辐射导弹直径一般为20~40cm,最大不超过1m,因此不可能安装大口径天线,也很难覆盖甚高频以下频段。因此,无人机发射的侦察图像和数据的载频应尽可能选择在甚高频以下频段,使反辐射导弹难以实现精确跟踪。

③遥控开关功能可在地面站设置。当无人机在敌方目标上执行任务时,可在适当时间关闭遥控发射机,使敌方反辐射武器系统无法定位地面站。在上行遥控指令中设置遥测开关指令,以便在适当时间关闭机载遥测发射机(在这种情况下,无人机可按预设航线飞行),并减少无人机辐射,防止无人机被敌方反辐射武器系统跟踪。

2、导航定位的抗干扰措施。导航定位防御是为了抵御敌方对导航系统的破坏,确保无人机能正确获取及使用导航信息,进行正确的导航定位。

1)采用无源定位技术,减少地面站电磁辐射。为克服GPS无源定位技术易受人控制和干扰等问题,可采用协作目标无源定位技术。利用这种方法,地面站可在无任何辐射情况下获得斜距、高度、方位角,实现无人机的无源定位。由于这种无源定位方法完全自主式,定位时无人机上只使用发射机,不使用接收机,因此干扰对定位无影响。

2)从RFL源进行控制。该方法中,截断干扰源以达到抗干扰目的。对于无线频率干扰(RFL),严格的规章制度控制是最有效的干扰控制方法,它限制了可能成为干扰源的发射波段。为处理偶然出现的干扰源,应在系统层面研究抗干扰策略。最有效的方法是在远离GPS的同一位置屏蔽和滤波发射频带源。

3)用导航卫星信息冗余技术。将GPS、GL()-NASS系统组合成双星定位。48颗卫星分布在不同轨道上,保证了地球上任何地点、任何时刻、任何地理环境的用户都可获得更好的几何分布的定位星座,有助于提高定位精度,实现连续定位。同时,使用两个独立的定位系统,当其中一个系统人为采取干扰措施故意降低定位精度时,用户仍可获得有效的导航定位信息。当然,为确保导航定位信息安全,也可使用国际海事卫星LNM-RAT或其他特殊用途的导航卫星。

4)采用GPS/惯导综合导航系统。GPS/惯导综合导航系统可将两个系统的导航信息特性互补,使综合后的导航定位信息具有良好的完整性和高精度,能提供适当的屏蔽,并且可直接将GPS的伪距和伪距率数据与原始惯性测量数据集成,无需特殊的安全数据总线或其他保密手段。并使其能在高强度干扰及信号对抗环境中完成规定任务。当无法使用GPS导航信息时,惯性导航系统可确保导航定位信息的完整性。当载体处于高动态运动时,GPS接收机往往难以捕获及跟踪信号,甚

至产生全周期跳变现象,组合导航能很好地解决该问题。

5)采用惯性/天文/GPS组合导航系统。由于天文导航系统的发展,星体在不受干扰的情况下提供精确的导航定位基准,当GPS导航信息长期受到干扰而无法使用时,综合导航定位系统仍能保证导航定位信息的完整性。

6)采用惯导/GNSS/罗兰-C/航姿系统组合导航方案。为保证飞行器导航精度和可靠性,可采用惯导/GNSS/罗兰-C/航姿系统组合导航。在组合导航系统中,自主导航系统主要是惯导系统,航姿系统是备份系统,由于GNSS的导航参数精度高于罗兰-C,因此组合导航系统的外部观测量主要通过GNSS获得,罗兰-C作为备用设备。

7)采用我国自主研发的北斗卫星导航系统。北斗卫星是我国研发的卫星定位通信系统(CNSS),是继美国GPS、俄罗斯GL()-NASS之后第三个成熟的卫星导航系统。随着北斗导航系统的不断完善,可使用该系统来提高导航定位精度。“北斗”星座中的三颗卫星还使我国具备了测量武器系统速度所有三个要素的能力,包括航迹上任何点的速度,还可测量横向距离偏差。即北斗系统在定位、速度控制和测量位置方面具有重要的战略价值。随着北斗导航系统在2008年北京奥运会上的应用,其实用性将得到显现。

外界认为,二代北斗卫星的性能接近GPS,一旦部署完成,将撼动美国主导全球卫星导航市场的局面,提高我军精确打击能力,这也将给我国武器装备的制导带来前所未有的重大革新。

8)采用现代化抗干扰措施。美国空军空间及导弹系统中心(SMC)的GPS联合办公室列出了近30种有助于提高GPS性能的技术。就卫星空间而言有:①新的时间源,如低功率原子钟;②改善信号功率发射,机载伪卫星技术、数字波束定向天线等。

9)研制具有抗干扰能力的GPS接收机系统。为提高环境容差,接收机特性应注意:脉冲阻塞系统、频带附近干扰的前端滤波器。设计要求为:①在未来,GPS接收机都采用数字式,只需对软件进行少量修改,即能获得阻塞器效果。②接收机前端滤波器是GPS抗干扰的第一线,为减少某些频率上的干扰并提供系统鲁棒性,采用先进技术。

总之,无人机在军事领域具有巨大的应用优势,然而,面对日益复杂的电磁环境,有必要分析其通信链路的抗干扰手段,减少电磁因素对无人机的干扰,提高无人机的稳定可靠性。根据无人机通信链路的特点,有必要从技术、设计和应用角度分析各种干扰因素,确保所选抗干扰措施的有效性。

参考文献

- [1]徐靖涛.无人机通信链路抗干扰手段探析[J].桂林航天工业高等专科学校学报,2016(04):1-3.
- [2]刘先虎.复杂电磁环境下无人机通信抗干扰问题研究[J].军事通信技术,2016(03):86-90.