通信信号对雷达信号干扰的分析

邢 磊
山东省邮电工程有限公司 山东 济南 250000

摘 要：在现代社会中，通信技术和雷达技术已成为人们生活和工作中不可或缺的重要组成部分。然而，随着它们的不断发展和普及，这两种技术在实际应用中产生的相互干扰问题也日益凸显。特别是通信信号对雷达信号的干扰，已经成为一个亟待解决的重要问题。这种干扰可能会导致雷达系统性能下降，甚至无法正常工作，从而对人们的生命财产安全和社会正常运转造成潜在威胁。因此，研究通信信号对雷达信号的干扰具有重要的理论和实际意义。

关键词：通信信号；雷达信号；干扰分析

引言：通信信号对雷达信号的干扰是现代雷达系统中面临的一个重要问题。随着无线通信技术的发展，通信信号的频段与雷达信号的频段往往存在重叠，导致通信信号对雷达信号产生干扰。这种干扰不仅会降低雷达系统的目标检测性能和跟踪精度，还会影响雷达系统的正常工作和安全性。本文将分析通信信号对雷达信号的干扰，并探讨相应的解决方法，以提供相关工作的借鉴。

1 通信信号和雷达信号的基本概念

1.1 通信信号的基本概念

通信信号是信息交流过程中的基本单位，它是通过特定媒介从发送端传输到接收端的。通信信号可以是电信号、光信号、声波等多种形式，它们携带着各种信息，如语音、文字、图像等。在广义上，通信是指需要信息的双方或多方在不违反各自意图的条件下通过任何方式、利用任一媒体，把信息从一处正确可靠地传输给其他人。这意味着通信不仅仅是人与人之间的沟通，还可以是人与机器、机器与机器之间的信息传递。狭义上，通信就是消息的传递和交流，即信号的传输。在这个过程中，通信信号起着至关重要的作用。它不仅需要能够准确地传递信息，还需要能够在传输过程中保持信息的完整性和可靠性。

1.2 雷达信号的基本概念

雷达技术信息主要是由雷达发射器所产生的射频信息，而这些讯息通过雷达的发射天线传递至高空中。当电磁波在碰到物体时产生反弹，从而产生了回波。这个回波后再通过雷达的接收天线，然后再传输给接收机。当接收器在处理好上述信号之后，就会把数据带到资料处理器上进行进一步的数据分析，最后得出了目标的高度、位移、速度和形状等参数[1]。雷达的基本任务包括目标检测，其核心为线性过滤和统计检测理论。雷达系统面临的主要挑战是信号处理手段要对抗各种信息的影响和威胁，因此雷达系统依靠无线电波信息的传递和精确的回传信息来完成对进犯目标的识别。另外，雷达信号处理中还包含了很多与通信和声纳技术有关的技术概念，而语音和图像处理技术也与之有着很大的不同。从物体反射目标回波的传播速度，以及相干叠加和无相干性的累积，都是影响雷达探测、追踪和成像效果的关键因素。

2 通信信号对雷达信号干扰的影响

2.1 对雷达检测性能的影响

通信信号的干扰对雷达系统的目标检测性能有着显著的影响。首先，通信信号的干扰会导致雷达信号的信噪比下降。信噪比是指信号与噪声的比值，当信噪比较低时，信号的强度相对较弱，噪声的强度相对较强，从而使得目标检测的性能受到影响。其次，通信信号的干扰还会降低雷达系统的距离分辨率和速度分辨率。距离分辨率是指雷达系统能够分辨出两个目标之间的最小距离，而速度分辨率则是指雷达系统能够分辨出两个目标之间的最小速度差。当通信信号的干扰导致雷达信号受到失真或衰减时，目标回波的信号强度会发生变化，从而使得雷达系统无法准确测量目标的距离和速度，进而降低了目标检测的精度。误报率是指在没有目标存在的情况下，雷达系统错误地报告有目标存在的概率；漏报率则是指在有目标存在的情况下，雷达系统未能检测到目标的概率。当通信信号的干扰导致雷达信号受到干扰时，雷达系统可能无法准确地判断目标的存在与否，从而导致误报率和漏报率的增加。

2.2 对雷达目标识别性能的影响

通信信号的干扰对雷达系统的目标识别性能有着显著的影响。首先，通信信号的干扰会导致雷达信号的特征提取受到干扰。在雷达目标识别中，通常需要从雷达回波中提取出目标的特征向量，用于后续的分类和识

别。然而，当通信信号的干扰导致雷达信号受到失真或衰减时，目标回波的信号特征可能会发生变化，从而使得特征提取的准确性下降。其次，通信信号的干扰还可能导致目标的特征向量发生变化。当通信信号的干扰导致雷达信号受到干扰时，目标回波的信号强度、频率、相位等特征可能会发生偏移或改变，从而导致特征向量的变化。这种变化可能会导致目标的分类和识别准确性下降，甚至无法正确识别目标。目标识别算法通常基于一定的假设和模型来对目标进行分类和识别。然而，当通信信号的干扰导致雷达信号的特征发生变化时，这些假设和模型可能不再适用，从而导致目标识别算法的准确性和鲁棒性下降。

2.3 对雷达跟踪性能的影响

通信信号的干扰对雷达系统的目标跟踪性能有着显著的影响。首先，通信信号的干扰会导致雷达信号的目标位置估计受到干扰。在雷达目标跟踪中，通常需要根据雷达回波来估计目标的位置信息，并据此进行目标跟踪。然而，当通信信号的干扰导致雷达信号受到失真或衰减时，目标回波的信号强度和相位可能会发生变化，从而导致目标位置的估计误差增加。其次，通信信号的干扰还可能导致目标跟踪算法的性能下降。目标跟踪算法通常基于一定的假设和模型来预测目标的位置和运动状态。然而，当通信信号的干扰导致雷达信号的特征发生变化时，这些假设和模型可能不再适用，从而导致目标跟踪算法的准确性和鲁棒性下降。在目标跟踪系统中，通常使用滤波器来对雷达回波进行处理和预测目标的状态。然而，当通信信号的干扰导致雷达信号受到干扰时，滤波器的估计和预测可能会受到影响，从而导致滤波器的失效和目标跟踪精度的降低。

3 通信信号对雷达信号的干扰分析

3.1 频率干扰

频率干扰是一种常见的电磁现象，它对无线通信、雷达和导航系统等电子设备的正常运行造成了严重的影响。当两个或多个信号在相同或相近的频率上同时传输时，它们之间会产生相互干扰的现象。这种干扰会导致接收到的信号失真、衰减或者完全无法识别。频率干扰的主要原因是由于电磁波传播的特性决定的[2]。当两个或多个信号在相同或相近的频率上同时传输时，它们的电磁波会相互叠加在一起，形成一个新的复合波。这个复合波的幅度和相位会受到各个信号的影响而发生变化，从而导致接收到的信号失真。

3.2 幅度干扰

幅度干扰是一种常见的电磁现象，它对无线通信、雷达和导航系统等电子设备的正常运行造成了严重的影响。在通信系统中，一个干净的信号可能受到来自其他信号或噪声的幅度干扰，这些干扰通常被叫做串扰。串扰的产生，主要来源于电子学上二根信号线间的相互作用现象。当二根信号线相靠得很近时，它们相互之间就会形成电磁场技术的相互作用。这些作用可以引起受扰信息发生畸变，并可以引起受扰信息的眼图闭合，进而干扰信息的辨别与分析。

3.3 时间域干扰

时间域干扰是指在信号处理中，由于多个信号占用了相同的时间间隔，导致这些信号之间的相互干扰。这种干扰通常表现为信号的时域波形发生畸变或叠加，从而影响了信号的识别和解析。首先，如果信号传输距离过远，信号会发生衰减和失真，从而导致时间域干扰。这是因为在长距离传输过程中，信号的能量会逐渐减小，而且可能会受到各种噪声的影响。其次，如果多个信号的频率相近，就会导致它们在时间域上发生重叠，从而产生时间域干扰。这是因为不同频率的信号在传输过程中可能会发生混叠现象，导致信号的时域波形发生变形。最后，如果信号采样率不合适，就会导致信号的重建出现误差，从而产生时间域干扰。这是因为采样率决定了信号重建的准确性，如果采样率过低或过高，就会导致信号重建出现误差。

3.4 空间域干扰

空间域干扰是指在数字图像处理中，由于图像像元之间的相互影响，导致图像质量下降的情况。这种干扰可能来自多种原因。首先，图像噪声是一个重要的因素。在图像采集过程中，可能会因为传感器的性能、环境光线等因素，引入各种噪声，这些噪声会直接影响到图像的质量。其次，像素级处理可能会导致问题。在像素级的图像处理过程中，可能会出现像素重叠、像素混杂等问题，从而导致图像质量的下降。

4 通信信号对雷达信号干扰的抑制方法

4.1 频率选择调度技术

频率选择调度技术是一种用于无线通信系统的资源管理方法，它通过动态地分配可用的频率资源来优化系统性能。该技术的核心思想是根据当前网络负载和用户需求的变化，合理地选择和调整使用的频率，以提高频谱利用率、减少干扰和提高用户满意度。首先，频率选择调度技术通过监测和测量网络中的频谱使用情况和用户需求，获取相关数据。这些数据包括当前各个频率上的信号强度、信噪比等参数，以及用户数量、业务需求等信息。通过对这些数据的实时监测和分析，可以了解

当前网络的状态和变化趋势。其次，频率选择调度技术根据监测到的数据进行分析和预测，判断当前网络负载和用户需求的变化趋势。基于这些分析结果，制定合理的频率选择策略，并将可用的频率资源分配给相应的用户或业务。例如，当某个频率上的信号质量较差时，可以将该频率的资源分配给其他用户或业务，以减少干扰并提高用户体验。

4.2 功率控制技术

功率控制技术是一种用于无线通信系统的资源管理方法，它通过调整发射端的功率水平来优化系统性能。该技术的核心思想是根据当前网络负载和用户需求的变化，合理地控制发射端的功率，以减少干扰、提高覆盖范围和用户满意度。首先，功率控制技术通过监测和测量网络中的信号质量和负载情况，获取相关数据。这些数据包括接收信号的强度、信噪比等参数，以及网络中的用户数量、业务需求等信息。通过对这些数据的实时监测和分析，可以了解当前网络的状态和变化趋势。其次，功率控制技术根据监测到的数据进行分析和预测，判断当前网络负载和用户需求的变化趋势。基于这些分析结果，制定合理的功率控制策略，并调整发射端的功率水平。例如，当网络负载较高时，可以适当降低发射端的功率，以减少干扰；而当用户需求增加时，可以提高发射端的功率，以提高覆盖范围和用户满意度。最后，功率控制技术需要对实际运行情况进行优化和调整。

4.3 空时编码技术

空时编码技术是一种用于无线通信系统的资源管理方法，它通过在时间和空间上进行信号的联合编码和传输，以提高系统性能。该技术的核心思想是利用多天线和多发射接收点之间的空间自由度，以及信号传输的时间分集效应，来提高信号的可靠性和覆盖范围[3]。首先，空时编码技术通过在时间和空间上进行信号的联合编码和传输，可以提高信号的可靠性。例如，可以利用多天线之间的空间分集效应，将相同的信息在不同的天线上同时发送，从而减少信号传输过程中的干扰和衰减。此外，还可以利用时间分集效应，将相同的信息在不同的时间段内发送，从而提高信号的抗干扰能力和可靠性。其次，空时编码技术可以扩大无线通信系统的覆盖范围。通过合理地设计编码方案和传输策略，可以将信号传输到更远的地方，并减少信号的衰减和干扰。例如，可以利用多发射接收点之间的空间相关性，将信号进行空间复用和波束成形，从而提高信号的覆盖范围和传输效率。

4.4 自适应滤波技术

自适应滤波技术，是一门应用信号处理与通讯系统中的关键技术，它通过依据系统信息的特征与周围环境的改变，自主调节滤波器的参数，以达到对系统信息的优化处理。首先，自适应滤波器技术的核心思想是运用反应机理来不断地调节滤波器的参数，使之可以更好地适应于输入信息的改变。也因此，自适应滤波器会根据输入信号的特征，计算出一个误差信号，然后根据该误差信号来调整滤波器的参数，以减小误差并提高滤波性能。其次，自适应滤波技术具有自适应性、鲁棒性、实时性和灵活性等特点。它可以自动地适应输入信号的变化，抑制噪声和干扰，实时地对输入信号进行处理，并根据不同的应用需求设计出不同的算法和结构。最后，自适应滤波技术广泛应用于语音识别、图像处理、通信系统等领域。它可以有效地提高信号的质量、降低噪声干扰，并提升系统的性能和用户体验。

结语：通过研究，我们认识到通信信号对雷达信号的干扰是一个复杂而严峻的问题，需要综合考虑多种因素。在实际应用中，可以采取多种措施来减小通信信号对雷达信号的干扰，如合理规划频谱资源、优化雷达系统设计、采用抗干扰技术等。随着无线通信技术的不断发展和应用范围的扩大，通信信号对雷达信号的干扰问题将变得更加重要和紧迫。因此，我们应该持续关注和研究该问题，以应对日益复杂的电磁环境带来的挑战。

参考文献

[1]陈伟，赵晓东，杨洋。(2020).基于深度学习的通信信号对雷达信号干扰识别方法研究.电子与信息学报,42(12), 1-10.

[2]李明，王磊，高翔。(2019).通信信号对雷达信号干扰的空时联合处理技术研究.电子科技大学学报,48(6),754-759.

[3]刘宇，张勇，张强。(2018).基于频谱分析的通信信号对雷达信号干扰抑制方法研究.电子与信息学报，40(1),1-7.