无线电干扰与抗干扰技术研究

刘亚欧

石家庄诺通人力资源有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 本文聚焦无线电领域,指出抗干扰技术在保障通信稳定中至关重要。阐述同信道、邻信道等多种干扰类型及其分布现状,分析其对民用航空、公众通信等的严重影响。详细介绍跳频、扩频、智能天线以及加密与软件无线电技术,说明它们在军事、民用等多领域的应用,旨在提升通信可靠性,抵御各类干扰。

关键词: 无线电;干扰;抗干扰

引言在当今高度依赖无线电通信的时代,抗干扰技术的重要性日益凸显。无线电干扰不仅影响日常通信的顺畅,还可能对关键领域的正常运行构成威胁。因此,深入研究无线电抗干扰技术,探索有效的应用措施,对于保障通信稳定、提高系统可靠性具有重要意义。本文将从抗干扰技术的重要性、干扰类型及现状、以及具体的应用措施等方面展开论述,以期对无线电通信的抗干扰研究提供参考。

1 抗干扰技术的重要性

在当今高度依赖无线电通信的时代,抗干扰技术的重要性愈发凸显。它是确保各类通信稳定、可靠的关键因素,如同坚固的盾牌,抵御着无线电干扰的侵袭。

(1) 在日常生活中,抗干扰技术保障了通信的顺畅。如今,人们对手机、无线网络等通信工具的依赖程度极高,无论是日常的信息交流、移动支付,还是在线办公与娱乐,都离不开稳定的通信。抗干扰技术能让手机信号在复杂的城市环境中,有效抵御周边电子设备产生的干扰,避免通话中断、信息收发延迟等问题,使人们的沟通交流便捷无阻。(2) 从行业角度来看,抗干扰技术是众多关键领域正常运行的基石。在工业自动化领域,工厂中的各类智能设备通过无线网络协同工作,一旦受到干扰,可能导致生产线停顿、产品质量出现问题,带来巨大的经济损失。抗干扰技术能够确保设备间通信的稳定性,维持生产线的高效运转。(3) 在智能电网中,电力系统的调度和监控依赖于精准的通信。抗干扰技术保证了控制中心与变电站、发电厂之间的信号准确传输,避免因干扰造成的电力分配失误,保障电网安全稳定运行,为社会生产生活提供持续的电力供应。(4) 在科学研究领域,抗干扰技术同样不可或缺。射电望远镜等科研设备对微弱的宇宙信号进行探测,极易受到地球上各种无线电干扰的影响。强大的抗干扰技术能够让科研人员接收到更为纯净的宇宙信号,为探索宇宙奥

秘提供有力支持。

2 无线电干扰类型的现状

2.1 主要干扰类型

同信道干扰指两个或多个电台在相同频率上同时发送信号,导致信号相互重叠,无法准确接收。例如,在某一区域内,多个非法广播电台使用相同频率进行广播,使得该频率的信号杂乱无章,听众无法正常收听广播内容。邻信道干扰是相邻信道的信号因频谱泄漏,进入到本信道的接收带内,从而对本信道信号产生干扰。比如,相邻频段的无线通信设备,因滤波器性能不佳,导致邻信道信号串入,影响正常通信。带外干扰是指发射机的杂散发射或接收机的寄生响应在工作频段以外产生的干扰。例如,某些老旧的无线电台在发射信号时,会产生大量的带外辐射,干扰到其他频段的通信设备。互调干扰是多个频率信号在非线性电路(如功率放大器、混频器等)中相互作用,产生新的频率成分,若这些新频率落在接收机的工作频带内,就会形成干扰。例如,在多个通信基站共存的区域,不同基站信号相互作用产生互调产物,影响周边通信质量。阻塞干扰是指当强干扰信号进入接收机前端电路时,会使接收机的放大器等部件工作在非线性区域,导致接收机灵敏度下降,甚至无法正常工作。比如,在机场附近,若有大功率的非法电台发射信号,可能会阻塞机场地空通信接收机,影响飞机与塔台的通信。这些干扰类型极大地降低了信号质量,导致通信中断、信息误传,严重影响通信系统的可靠性。在军事通信中,同信道干扰可能导致作战指令无法准确传达,影响作战部署。在金融通信领域,邻信道干扰引发的信息误传,可能造成巨额资金损失。

2.2 干扰源分布现状

违规设置的无线电台站,如非法的大功率无绳电话,它们在未获得许可的情况下,随意占用无线电频率,且功率较大,信号覆盖范围广,对周边合法的无线

通信设备造成严重干扰。擅自扩大功率的广播电视发射机,超出了规定的发射功率范围,其信号不仅会干扰同频段的其他广播电视信号,还可能影响到相邻频段的通信业务。合规但设置不合理的无线电台站,有的因频率选择不当,与周边其他重要通信业务的频率相近,导致信号相互干扰。有的发射功率过高,超出了实际需求,对周边一定范围内的其他无线设备产生影响。工业医疗设备,如大型的工业电焊机、高频理疗设备等,在工作时会产生较强的电磁辐射。若设备的屏蔽外壳存在缝隙或滤波电路设计不完善,电磁辐射就会泄漏出去,对附近的无线电通信造成干扰。

违规设置的无线电台站严重扰乱了无线电频率使用秩序,合规用户的通信质量受到极大影响。在一些城市,非法广播电台干扰了正常的交通广播,导致司机无法及时获取路况信息。但设置不合理的无线电台站也会给周边通信带来困扰,在某些商业区,因无线电台站频率设置不当,影响了商家的无线POS机通信,导致交易无法正常进行。工业医疗设备产生的干扰,可能影响医院周边的移动通信信号,使医护人员无法及时接收重要信息,甚至在一些特殊场景下,干扰医疗设备之间的通信,影响医疗诊断和治疗。

2.3 干扰影响范围

(1) 在民用航空领域,无线电干扰对飞行安全构成严重威胁。飞机依靠甚高频通信系统与地面塔台进行通信,若在机场附近存在无线电干扰源,可能导致飞行员与塔台之间的通信中断或出现误码,影响飞行指挥。在机场周边的非法电台发射信号,可能干扰飞机的通信频率,使飞行员无法准确接收降落指令。(2) 在水上通信方面,船舶通过海事卫星通信系统、甚高频无线电话等设备与岸基台站和其他船舶进行通信。无线电干扰可能导致船舶与岸基台站之间的通信不畅,影响船舶航行调度和安全。在港口附近,若有干扰源存在,船舶可能无法及时获取港口的靠泊信息。(3) 在公众通信服务中,广播、电视受到干扰会导致信号中断、画面卡顿或声音嘈杂。移动通信受到干扰,会出现通话质量下降、掉话、短信延迟等问题。在城市区域,由于各类电子设备密集,干扰源较多,对移动通信的影响尤为明显。民用航空领域的无线电干扰可能引发严重的飞行事故,危及乘客生命安全。水上通信干扰会影响海上交通秩序,增加船舶碰撞等事故的风险。广播、电视信号受干扰,影响广大民众的信息获取和娱乐体验。移动通信干扰则影响人们的日常沟通交流,对电子商务、移动办公等依赖移动通信的业务造成阻碍。

3 无线电抗干扰技术的应用措施

3.1 跳频技术

(1) 跳频技术作为有效的抗干扰手段,其核心在于不断改变通信频率。在跳频通信中,收发双方依据预先设定的规律,让传输信号的载波频率进行离散变化。这一预定规律如同精心编排的舞蹈动作,收发双方按此节奏在不同频率间跳跃。跳频速率是衡量跳频系统性能的关键指标,跳速越高,意味着载波频率在单位时间内的跳变次数越多,干扰信号准确跟踪和干扰通信链路的难度就越大。(2) 高跳频速率赋予跳频技术强大的抗干扰性能。快速跳变的频率使得干扰信号难以长时间锁定通信频率,大大降低了干扰成功的概率。在复杂电磁环境中,众多干扰源试图破坏通信,跳频技术能让通信信号在不同频率间灵活穿梭,保障通信的连续性。此外,跳频技术的实现相对简单,成本较低,在各类通信设备中易于推广应用。(3) 跳频技术在军事通信领域应用广泛,是保障军事信息安全传输的重要技术手段。战场上,敌对双方的电磁对抗激烈,跳频技术能使军事通信系统在复杂多变的干扰环境中保持稳定通信。在民用通信中,蓝牙技术就采用了跳频技术。蓝牙设备在2.4GHz的频段内,以1600次/秒的跳频速率进行跳频通信,有效避免了与其他无线设备的干扰,确保了短距离通信的稳定性。在工业无线传感器网络中,跳频技术可使传感器节点在恶劣的电磁环境下,保障工业生产过程的监控与控制^[1]。

3.2 扩频技术

(1) 扩频技术采用独特的宽带传输方式,将原本集中在较窄频带内的信号,分散在一个相对较宽的频带内进行传输。其实现方式主要有直接序列扩频(DS)和跳频扩频(FH)等。由于干扰信号通常集中在特定频率范围内,扩频后的信号能量在宽频带上被稀释,干扰信号对其影响相对减弱。这种方式就像是珍贵物品分散在广阔区域,敌人难以全部破坏。(2) 扩频通信具有卓越的抗干扰能力,能有效抵抗各种形式的干扰信号。在面对窄带干扰时,干扰信号仅能影响扩频信号的一小部分频谱,通过解扩处理,可恢复出原始信号。多径传播会导致信号在传输过程中产生多个不同路径的副本,这些副本可能在接收端相互干扰。扩频信号的自相关性和互相关性特点,使得接收端能够利用这些特性分离出不同路径的信号,实现最佳接收。(3) 军事通信是扩频技术的重要应用领域。在军事行动中,通信的保密性和抗干扰性至关重要。扩频技术不仅能有效抵御敌方的干扰,还因其信号隐蔽性好,不易被敌方发现和截获,保障了

军事通信的安全。在卫星通信中，由于卫星信号传输距离远，易受到各种宇宙噪声和地面干扰的影响，扩频技术被广泛应用，确保卫星与地面站之间的通信稳定可靠。在无线局域网（WLAN）中，扩频技术也用于提高通信的抗干扰能力，使无线网络在复杂的室内电磁环境下，能够稳定地为用户提供网络服务^[2]。

3.3 智能天线技术

（1）智能天线技术通过多天线、分集接收等技术手段，提升无线电接收信号的稳定性和可靠性。它借助先进的信号处理算法，根据实际的信号和干扰环境，灵活地改变各个天线阵元的加权系数。这些加权系数如同调节天线阵元“音量”和“相位”的旋钮，通过精确调节，自动地调节天线方向图形状。波束成形技术作为智能天线技术的重要应用，通过对发射信号进行加权处理，形成窄的发射波束，将能量精准地对准目标用户，减少信号在其他方向的泄漏，提高目标用户的解调信噪比。（2）智能天线技术能显著提高信号的接收质量。在复杂的多径传播和干扰环境中，它可以自动调整天线的接收模式，最大程度地接收有用信号，抑制干扰信号。与传统天线相比，智能天线能够有效提高系统容量。通过波束成形技术，将信号能量集中在目标用户方向，减少了信号间的相互干扰，从而可以在相同频率资源下，支持更多用户同时通信。（3）在移动通信领域，智能天线技术被广泛应用于基站建设。随着5G通信的发展，用户对数据传输速率和通信质量的要求越来越高，智能天线技术能够满足这些需求，提高基站的覆盖范围和信号质量。在雷达系统中，智能天线技术可用于目标的探测和跟踪。通过调节天线方向图，能够更准确地检测目标的位置和运动轨迹，提高雷达系统的性能^[3]。

3.4 加密与软件无线电技术

（1）加密技术通过特定的加密算法，对无线电通信数据进行加密处理。常见的加密算法有对称加密算法（如AES）和非对称加密算法（如RSA）。在对称加密中，收发双方使用相同的密钥对数据进行加密和解密；非对称加密则使用公钥和私钥，公钥用于加密，私钥用于解密。这种加密处理使得通信数据在传输过程中即使

被干扰信号窃取，干扰方也难以解读数据内容。软件无线电技术则是将传统的硬件无线电功能，通过软件编程的方式实现。（2）加密技术为通信数据提供了安全保障，防止数据被窃取和篡改，有效抵御恶意干扰。在金融通信、军事通信等对数据安全要求极高的领域，加密技术是保障通信安全的关键。软件无线电技术则赋予了通信系统高度的灵活性和适应性。它可以快速切换不同的抗干扰算法，以应对复杂多变的干扰环境。（3）在金融行业的无线通信中，加密技术用于保障金融交易数据的安全传输，防止黑客通过干扰通信窃取用户的账户信息和交易数据。在军事通信中，加密技术确保作战指令、情报等重要信息的保密性。软件无线电技术在军事通信中也有广泛应用，可根据战场电磁环境的变化，实时调整抗干扰策略。在民用通信领域，软件无线电技术可用于开发多功能的无线通信设备，用户可以通过下载不同的软件模块，实现不同的通信功能，如对讲机功能、无线广播接收功能等^[4]。

结语

无线电抗干扰技术对于保障现代通信系统的稳定性和可靠性至关重要。通过跳频、扩频、智能天线以及加密与软件无线电等技术的应用，能够有效抵御同信道、邻信道、带外、互调和阻塞等多种类型的无线电干扰，确保关键行业通信的安全运行。这些技术不仅提高了民用通信服务质量，降低了干扰对日常生活的影响。随着技术不断发展，未来无线电抗干扰能力将进一步增强，适应日益复杂的通信需求。

参考文献

- [1]李洪敏.浅议超短波无线电通信抗干扰技术的发展趋势[J].中国宽带,2024,20(10):100-102.
- [2]车凯,郁金香,刘松涛,等.无线电能传输系统电磁辐射抑制研究[J].中国测试,2024,50(4):173-179.
- [3]何尹春.基于人工智能的中波发射台故障诊断与预测[J].电声技术,2024,48(1):115-118.
- [4]刘雍煌,宋欢欢,郁子阳,等.基于数据云处理的物理特征安全验证系统[J].通信技术,2023,56(7):876-881.