

宽带卫星通信信号调制识别及信道均衡技术研究

耿若晨

(中国电子科技集团公司第五十四研究所 石家庄 050081)

摘要 宽带卫星通信是现代通信系统中不可或缺的一部分。文中介绍了宽带卫星通信中的信号调制识别和信道均衡技术,这些技术可以提高系统的性能和稳定性,从而更好地应对卫星通信中的多路径干扰和时变失真等问题。在实际应用中,需选择合适的技术和算法对不同的信号调制类型进行优化和调整,进一步提高系统的性能和稳定性。文中为宽带卫星通信中的信号调制识别和信道均衡技术提供了参考,并为未来卫星通信系统的发展提供了支持。

关键词: 宽带卫星通信;信号调制识别;信道均衡

中图法分类号 TN927

Research on Modulation Recognition and Channel Equalization Techniques for Broadband Satellite Communication Signals

GENG Ruochen

(The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract Broadband satellite communication is an indispensable part of modern communication systems. This paper introduces signal modulation identification and channel equalization technologies in broadband satellite communication, which can improve the performance and stability of the system, so as to better deal with the problems of multi-path interference and time-varying distortion in satellite communication. In practical applications, it is necessary to select appropriate technologies and algorithms to optimize and adjust different signal modulation types to further improve the performance and stability of the system. This paper provides a reference for signal modulation identification and channel equalization technologies in broadband satellite communication, and provides support for the development of satellite communication systems in the future.

Keywords Broadband satellite communication, Signal modulation recognition, Channel balancing

0 引言

随着现代通信技术的不断发展,宽带卫星通信成为一种重要的通信手段。它具有高速、广域、覆盖范围广等特点,可以满足现代通信对高速、大容量、广覆盖的需求。然而,由于卫星信道的复杂性,如信号传输距离远、传输中存在噪声和失真等,使卫星信号的调制识别和信道均衡变得困难^[1]。对于宽带卫星通信系统而言,信号调制识别及信道均衡技术的研究尤为重要。本文旨在通过对信号调制识别方法和信道均衡技术的研究,提高宽带卫星通信系统的性能,从而实现更加高效、稳定和可靠的卫星通信系统。

1 信号调制识别方法研究

1.1 特征提取与选择

在信号调制识别中,特征提取和选择非常重要。其通过对原始信号的处理,提取出能表征信号特性的特征,以实

现信号的自动识别。特征提取的目的是提高信号调制识别的准确性和可靠性,以更好地满足通信系统对不同调制方式的需求。

特征提取是信号调制识别的重要环节之一,它可以提取出信号的有用特征以实现自动识别。在信号调制识别中,常用的特征包括幅度、相位、频率、能量、谱形等。其中,幅度指信号在时间轴上的振幅大小,可以反映信号的强度和调制度。在幅度调制信号中,幅度的变化对应着调制信号,因此幅度特征对于识别幅度信号有着较大的作用。相位指信号在时间轴上的相位差,它可以表征信号的相位偏移和相位调制。在相位调制和频率调制信号中,相位的变化对应着调制信号,因此相位特征对于识别这类信号非常有用。频率指信号的周期性变化,可以表征信号的频率调制和频率偏移。在频率调制信号中,频率的变化对应着调制信号,因此频率特征对识别 FM 信号非常有用。能量指信号在时间轴上的能量大小,可以反映信号的强度和信噪比。能量特征对识别噪声和干扰下的信号非常有用。谱形

收稿时间:2023-09-05

作者简介:耿若晨(1990—),本科,工程师,研究方向为卫星通信。

指信号在频域上的谱线形状,可以表征信号的频谱特性和调制类型。在数字通信中,谱形特征是一种非常重要的特征,可以用于识别数字调制类型的信号。幅度、相位、频率、能量和谱形都是常用的特征,其可以提供有用的信息,帮助识别信号的调制类型。在信号调制识别中,合理选择特征并优化特征的选取方法,可以有效提高信号调制识别的准确性和鲁棒性^[2]。

特征选择也是重要的一环。在选择特征时,需要考虑特征的可区分性和鲁棒性。可区分性指不同特征之间应具有明显的区别,以准确地区分不同调制类型的信号。如果选取的特征之间的相似度很高,那这些特征对于信号类型识别可能就没有太大的帮助,反而会造成识别错误。因此,在特征选择时,应优先考虑选择具有明显区别的特征。另外,特征的鲁棒性也是一个重要的因素。这里的鲁棒性指在信号的不同噪声和失真环境下的特征的稳定性和可靠性。如果选取的特征容易受到噪声和失真的影响,那在实际的信号调制识别过程中,则可能出现误判或漏判的情况。因此,在特征选择时,应充分考虑特征的鲁棒性,并选择在不同噪声和失真环境下表现较为稳定的特征。根据不同调制类型的信号,应该选择相应的特征,并对特征进行优化和选择。例如,在识别幅度调制(AM)信号时,幅度特征非常重要。而在识别频率调制信号时,频率特征则更为重要。此外,在特征选择时,还可以采用特征组合或特征筛选的方法,组合多个特征或筛选出对识别效果贡献较大的特征,来提高识别效果。

1.2 调制识别算法优化

在信号调制识别中,调制识别算法的选择和优化非常重要。不同的调制类型有不同的信号特征,因此需要选择相应的识别算法,并对其进行优化,提高识别准确率。

信号调制识别算法是信号处理中的一项重要任务,常用的算法包括最大似然算法、支持向量机算法、神经网络算法等。其中,最大似然算法是一种基于概率统计的算法,它通过计算信号的概率密度函数来判断信号的调制类型。该算法能准确地计算出不同调制类型的概率,并选择概率最大的调制类型作为识别结果。但是,最大似然算法需要预先知道信号的统计特性,对于非常复杂的信号,其识别效果可能会受到限制。支持向量机算法是一种基于分类器的算法,它可以通过已有的样本数据来建立分类器,并对新的信号进行分类识别。该算法具有较强的分类能力,可以应用于复杂的信号调制类型识别任务。但是,支持向量机算法对于大规模数据的训练和分类计算的计算复杂度较高。神经网络算法是一种基于模式识别的算法,它可以通过已有的训练数据来建立神经网络模型,并对新的信号进行模式匹配和分类识别。神经网络算法具有较强的自适应性和非线性映射能力,可以应用于各种复杂的信号调制类型识别任务。但是,神经网络算法的训练过程比较复杂,需要耗费大量时间和计算资源。

针对不同的信号调制类型,需要选择相应的算法,并对其进行优化,以提高识别的准确率和鲁棒性。不同的信号

调制类型有着不同的调制特征。例如,在识别幅度调制信号时,最大似然算法可以取得较好的识别效果,这是因为幅度调制信号的调制特征是信号的振幅,其会随着调制信号的改变而变化,所以利用最大似然算法可以计算不同调制类型的概率,准确地识别出幅度调制信号。而在识别相位调制和频率调制信号时,神经网络算法和支持向量机算法可以取得较好的识别效果。相位调制和频率调制信号的调制特征是信号的相位和频率会随着调制信号的改变而变化,因此需要利用神经网络算法和支持向量机算法来进行模式匹配和分类识别,以提高识别的准确率。除选择合适的算法外,调制识别算法的优化也非常重要。例如,对于神经网络算法,可以进行模型的选择、网络结构的设计以及训练数据的处理等优化,以提高识别效果。通过合理的优化和改进,可以提高调制识别算法的性能,扩大其适用范围,从而更好地应用于实际场景中。

2 信道均衡技术研究

2.1 自适应信道均衡算法

在宽带卫星通信系统中,信道失真是不可避免的问题。为实现对信号的重构和解调,需要对接收到的信号进行信道均衡处理。自适应信道均衡算法是一种常见的技术,可以有效地解决多径干扰、时变失真等问题。

自适应信道均衡算法的基本思想是通过不断地调整均衡器的系数,使均衡器输出信号的误差最小化,从而达到均衡的效果。具体而言,自适应信道均衡算法需要建立一个均衡器模型,通过优化接收信号的误差来调整均衡器的系数,使误差最小化。为实现自适应信道均衡,需要先建立一个均衡器模型,该模型可以采用传统的有限冲激响应滤波器结构,也可以采用反馈均衡器等其他结构。然后,通过优化接收信号误差,使用梯度下降算法或其他优化算法来不断调整均衡器的系数,以最小化误差。自适应信道均衡算法可以分为两步。(1)估计信道,即确定接收信号的信道失真。这可以通过发送已知信号进行估计,或通过使用信道估计算法进行实时估计。(2)进行均衡,即根据信道失真估计和接收信号误差,调整均衡器的系数,以实现信号重构和解调。自适应信道均衡算法的核心在于均衡器的系数调整。一般情况下,可以通过最小化均方误差或误差平方和来实现均衡器系数的优化,即通过计算接收信号和重构信号的差异来得到误差信号,然后将误差信号传递给均衡器模型,并根据误差信号和模型参数,使用梯度下降算法或其他优化算法来调整均衡器的系数。

在实际应用中,自适应信道均衡算法需考虑多个因素,包括均衡器的结构设计、算法选择、参数设置等。均衡器的结构应尽可能简单,以降低计算复杂度,并使其具有一定的鲁棒性,以适应复杂的信道环境。在算法选择方面,常见的自适应算法包括最小均方误差算法、卡尔曼滤波算法、RLS算法等。不同的算法有各自的优缺点,应根据实际需求选择合适的算法。例如,最小均方误差算法具有较好的均衡

(下转第 51 页)