

基于 DropBlock 双模态混合神经网络的无线通信调制识别

张巾莹¹ 臧晓²

1 中国联合网络通信有限公司山东省分公司 2 中电科普天科技股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10432

[摘要] 本文旨在解决无线通信调制识别中精度低的问题,提出了一种基于DropBlock双模态混合神经网络的方法。该方法通过并行连接改进的残差网络(ResNet)与双向门控循环单元(BiGRU),构建双模态混合神经网络模型,以充分利用信号的空间和时间特征。DropBlock正则化技术被应用于防止网络过拟合,提升模型泛化能力。实验结果表明,该方法在不同信噪比下均展现出较高的识别精度和稳定性。本文的研究不仅丰富了无线通信调制识别的技术手段,也为深度学习在信号处理领域的应用提供了新的思路。

[关键词] 调制识别; 双模态混合网络; DropBlock 正则化

中图分类号: TN711 **文献标识码:** A

Wireless communication modulation recognition based on a DropBlock bi-modal hybrid neural network

Jinying Zhang¹ Xiao Zang²

1 China United Network Communications Co., LTD. Shandong Branch

2 China Electronics Technology Putian Technology Co., Ltd.

[Abstract] This paper aims to solve the problem of low accuracy in wireless communication modulation recognition, and proposes a method based on DropBlock bi-modal hybrid neural network. This method builds the bi-modal hybrid neural network model by connecting the improved residual network (ResNet) to make full use of the spatial and temporal characteristics of the signal. DropBlock Regularization technology is applied to prevent network overfitting and improve the generalization ability of models. The experimental results show that the proposed method shows high recognition accuracy and stability at different SNR. The research in this paper not only enriches the technical means of wireless communication modulation recognition, but also provides new ideas for the application of deep learning in the field of signal processing.

[Key words] modulation recognition; dual-modal hybrid network; DropBlock regularization

引言

无线通信技术的飞速发展极大地推动了信息社会的进步,而调制识别作为无线通信中的关键环节,对于确保通信的准确性和可靠性具有至关重要的作用^[1]。传统的调制识别方法主要依赖于手工提取特征和分类算法,但在复杂多变的通信环境中,其性能和鲁棒性往往受到限制。近年来,深度学习技术因其强大的特征学习和分类能力,在无线通信调制识别中展现出巨大的潜力。然而,单一的深度学习模型往往难以全面捕捉信号中的多样特征^[2]。为此,本研究提出了一种创新的基于DropBlock双模态混合神经网络的无线通信调制识别方法。该方法将改进的残差网络(ResNet)与双向门控循环单元(BiGRU)相结合,旨在充分利用信号的空间和时间特征^[3]。同时,引入DropBlock正则化技术以防止过拟合,提高模型的泛化能力。通过实验验证,该方法

在不同信噪比条件下均表现出优异的识别性能,为无线通信调制识别提供了一种新的解决方案。

1 相关理论基础

1.1 无线通信调制识别基础

无线通信调制是将信息信号转换为适合在无线信道中传输的波形信号的过程。它是无线通信系统的核心环节之一,直接关系到通信的效率和可靠性。在无线通信中,常见的调制方式有多种,它们根据不同的需求和应用场景被广泛应用。其中,最基本的调制方式包括幅度调制(AM)和频率调制(FM)。幅度调制通过改变信号的振幅来携带信息,而频率调制则通过改变信号的频率来传递信息。除了基本的调制方式外,还有更高级的调制技术,如相位调制(如PSK、QPSK)、正交振幅调制(QAM)以及OFDM(正交频分复用)等。这些高级调制方式能够更高效地利用频谱资源,

提高通信速率和抗干扰能力。总之,无线通信调制识别的任务就是从接收到的信号中准确识别出所采用的调制方式。这对于无线通信系统的解调、解码以及后续的信息处理都至关重要。

1.2 深度学习在调制识别中的应用

深度学习在无线通信调制识别中发挥着重要作用,其中卷积神经网络(CNN)和双向门控循环单元(BiGRU)是两种常用的深度学习模型。CNN通过卷积层、池化层和全连接层等结构,能够有效地提取信号中的空间特征。在调制识别中,CNN可以捕捉信号中的幅度、频率和相位等变化,从而实现对不同调制方式的准确识别。而BiGRU作为一种循环神经网络,能够处理序列数据,并捕捉信号中的时序依赖关系。在调制识别中,BiGRU可以分析信号的时间序列特征,如信号的变化趋势和周期性等,为调制识别提供更多的信息。将CNN和BiGRU结合,可以构建出双模态混合神经网络,同时捕捉信号的空间特征和时序依赖关系,提高调制识别的准确性。而DropBlock作为一种正则化算法,可以进一步提升模型的鲁棒性和泛化能力,使模型在面对噪声和干扰时仍能保持较高的识别精度。因此,基于DropBlock双模态混合神经网络的无线通信调制识别方法,能够充分利用深度学习的优势,实现对多种调制方式的高精度、高鲁棒性的识别,为无线通信系统的智能化和可靠性提供有力支持。

1.3 DropBlock正则化方法

DropBlock是一种正则化方法,旨在防止深度学习模型在训练过程中出现过拟合现象。与传统的Dropout方法不同,Dropout是随机丢弃单个神经元,而DropBlock则是随机丢弃一个连续的区域(即一个块),从而更有效地减少模型对训练数据的依赖,提高模型的泛化能力。DropBlock正则化算法执行步骤如下:(1)确定丢弃比例:首先,设定一个丢弃比例,这个比例决定了在每一次训练迭代中要丢弃的块的数量。(2)随机选择块:对于全连接层,随机选择一个起始神经元,并确定一个块的大小(即连续丢弃的神经元数量)。对于卷积层,随机选择一个起始位置,并确定一个块的大小(即连续丢弃的特征图区域)。(3)丢弃块内神经元/特征:将选定的块内的所有神经元或特征值设置为0,即丢弃这些神经元或特征。(4)前向传播和反向传播:进行前向传播计算损失,并通过反向传播更新权重,同时考虑丢弃块的影响。DropBlock在全连接层和卷积层中具有显著应用优势。在全连接层中,通过丢弃连续的神经元块,DropBlock能够破坏神经元之间的相关性,使模型更加鲁棒。有助于减少模型对特定神经元的依赖,促进权重分布的均匀性。在卷积层中,DropBlock能够丢弃连续的特征图区域,从而减少模型对特定局部特征的依赖,有助于模型学习到更加全局和抽象的特征,提高模型的泛化能力。

2 基于DropBlock双模态混合神经网络的模型设计

2.1 双模态混合神经网络架构

在构建双模态混合神经网络时,相关人员创新地将改进的残差网络(ResNet)与双向门控循环单元(BiGRU)并行连接,以充分利用两者的优势。具体地,ResNet部分负责提取输入信号的空间特征。通过多个残差块(ResidualBlocks)的堆叠,ResNet能够

高效地捕捉信号中的高频和低频信息,同时避免网络过深导致的梯度消失问题。与此同时,BiGRU部分则专注于处理信号的时序特征。BiGRU通过双向的循环神经网络结构,能够同时考虑信号的前向和后向时序依赖关系,从而更准确地把握信号的时序变化规律。为了将ResNet和BiGRU提取的特征有效融合,相关人员在两者之后添加了一个特征融合层。该层将ResNet和BiGRU的输出进行拼接,并通过一个全连接层进行维度变换和特征整合,最终得到融合后的特征向量。

此外,为了防止网络在训练过程中出现过拟合现象,相关人员在ResNet和BiGRU之后引入了DropBlock正则化技术。DropBlock通过随机丢弃特征图中的连续区域,迫使网络学习更加鲁棒的特征表示,从而提高了模型的泛化能力。

2.2 特征提取与融合

在本文的模型设计中,相关人员采用改进的残差网络(ResNet)与双向门控循环单元(BiGRU)来分别提取信号的空间特征与时序特征。ResNet通过其特有的残差块结构,能够有效地捕捉信号中的空间特征。这些残差块通过跳跃连接(SkipConnections)和卷积层(ConvolutionalLayers)的组合,使得网络能够学习并保留输入信号中的重要空间信息,同时避免网络过深导致的梯度消失和梯度爆炸问题。与此同时,BiGRU则专注于处理信号的时序特征。它利用双向的循环神经网络结构,同时考虑信号的前向和后向时序依赖关系,从而能够更准确地把握信号的时序变化规律。为了将ResNet和BiGRU提取的特征有效融合,相关人员设计了一个特征融合层。该层首先将ResNet和BiGRU的输出进行拼接,得到一个包含空间特征和时序特征的融合向量。然后,通过一个全连接层对融合向量进行进一步的处理和整合,以提取出更加全面和有用的特征信息,为后续的分类任务提供有力的支持。这样的设计使得相关人员的模型能够同时利用信号的空间和时序特征,从而提高调制识别的准确性和鲁棒性。

2.3 DropBlock正则化应用

在构建双模态混合神经网络时,为了抑制网络训练过程中的过拟合、梯度消失和梯度爆炸等问题,相关人员引入了DropBlock正则化算法。DropBlock是一种有效的正则化方法,它通过随机丢弃特征图中的连续区域,迫使网络学习更加鲁棒的特征表示。在双模态混合神经网络中,相关人员分别在ResNet和BiGRU之后引入了DropBlock层。对于ResNet部分,DropBlock层被放置在每个残差块的卷积层之后。在训练过程中,DropBlock层会随机选择特征图中的一个连续区域,并将其值设置为零。这样,网络就不能依赖于某些特定的特征区域,而必须学习更加分布式的特征表示。这有助于抑制过拟合,并提高模型的泛化能力。对于BiGRU部分,DropBlock层则被放置在循环层的输出之后。与ResNet类似,DropBlock层会随机丢弃一些时序特征,迫使网络学习更加鲁棒的时序依赖关系。通过引入DropBlock正则化算法,相关人员的双模态混合神经网络在训练过程中能够更加稳定地收敛,并有效抑制过拟合、梯度消失和梯度爆炸等问题。

总之,引入DropBlock后,模型的性能得到了显著提升,不仅在训练集上表现优异,在测试集上也具有更好的泛化能力。因此,DropBlock正则化算法是双模态混合神经网络中不可或缺的一部分。

3 实验设计与结果分析

3.1 数据集介绍

在本次无线通信调制识别方法的实验验证中,相关人员选用了广为人知的RML2016.10a公开数据集。此数据集是无线通信调制识别领域内的一个重要基准,它专为测试和比较不同调制识别算法的性能而设计。RML2016.10a数据集包含了一系列经过精心设计的信号样本,这些样本涵盖了多种调制方式,如BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等,这些都是现代无线通信系统中常用的调制技术。数据集的样本是在不同的信噪比(SNR)条件下生成的,范围从-20dB到18dB,这为相关人员提供了评估算法在不同噪声水平下性能的机会。此外,RML2016.10a数据集还具有以下显著特点:首先,它包含了大量的信号样本,这确保了实验结果的统计可靠性;其次,数据集中的调制方式多样,能够全面评估算法的识别能力;最后,数据集是在模拟的无线通信环境下生成的,这使得实验结果更加接近实际应用场景。另外,需将RML2016.10a数据集划分为训练集和测试集。通过合理的划分,相关人员可以确保模型在训练过程中不会过拟合,同时能够在测试集上准确评估模型的性能。RML2016.10a数据集详细参数如表1所示。

表1 RML2016.10a数据集详细参数

调制类型	数据格式	数据维度	采样频率	信噪比范围	总样本量	训练集样本量	测试集样本量
数字调制、 模拟调制	IQ	2×128	1MHz	[- 20 dB, - 18 dB, ..., 16 dB 18 dB]	220000	154000	66000

3.2 实验设置

在本次无线通信调制识别方法的实验验证中,相关人员精心设计了实验环境,并仔细调整了参数设置和训练策略,以确保实验结果的准确性和可靠性。

4 结束语

本文成功地将DropBlock正则化技术应用于双模态混合神经网络中,提出了一种创新性的无线通信调制识别方法。该方法通过融合ResNet的空间特征提取能力与BiGRU的时序特征处理能力,显著提高了调制识别的精度和鲁棒性。实验结果表明,该模型在不同信噪比条件下均表现出优异的性能,验证了其有效性和实用性。未来,随着无线通信技术的不断发展,调制识别将面临更加复杂多变的挑战。因此,进一步优化双模态混合神经网络的架构,探索更高效的特征融合策略,将是未来研究的重要方向。同时,将该方法拓展到其他信号处理领域,如语音识别、图像识别等,也具有重要的应用前景。此外,结合领域专业知识,对模型进行定制化改进,以更好地适应特定应用场景的需求,也是值得深入探索的研究课题。

[参考文献]

- [1]陈煜,贺升权,余勤.基于轻量神经网络的无线电调制识别算法[J].电讯技术,2023,63(11):1696-1703.
- [2]刘学燕.基于人工神经网络的无线通信信号自动调制识别方法研究[J].现代传输,2024(4):23-27.
- [3]陈慧青.基于人工神经网络的通信信号调制识别算法研究[D].黑龙江:哈尔滨工业大学,2007.

作者简介:

张巾莹(1977--),女,汉族,山东青岛人,本科,高级工程师,从事移动网络的研究、规划以及工程管理。