

面向用户感知提升的 干扰自动规避技术研究与应用

Research and Application of Automatic Interference
Avoidance Technology for Improving Users' Perception

陈丹艳,陈圣难,戴明艳(中国移动通信集团安徽有限公司,安徽 合肥 230000)

Chen Danyan, Chen Shengnan, Dai Mingyan (China Mobile Communications Group Anhui Co., Ltd., Hefei 230000, China)

摘要:

随着5G进入规模应用阶段,多频段、多制式干扰对用户感知的压力日渐增长。传统干扰处理方法存在处理周期长、效率低等问题,与用户日益增长的网络感知需求形成矛盾。提出了一种面向用户感知提升的干扰自动规避方案,通过实时监控和快速识别网络突发干扰,自动计算优化的干扰规避参数,并在服务小区干扰超过门限时触发邻区干扰规避,实现自动化的干扰识别和规避流程。该方案能够显著提升用户感知,取得良好的经济效益和社会效益。

关键词:

5G; 干扰识别; 干扰规避; 干扰特征; 长短期记忆
网络

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2025.12.009

文章编号:1007-3043(2025)12-047-06

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

As 5G enters the stage of large-scale application, the pressure on user perception from multi-band and multi-mode interference is increasing. Traditional interference processing methods have problems such as long processing cycles and low efficiency, which contradict the growing network perception needs of users. It proposes an interference automatic avoidance scheme oriented to improving user perception, which automatically calculates optimized interference avoidance parameters by real-time monitoring and quickly identifying network burst interference, and triggers adjacent area interference avoidance when the service cell interference exceeds the threshold, realizing the automation of interference identification and avoidance process. This scheme can significantly improve user perception and achieve good economic and social benefits.

Keywords:

5G; Interference identification; Interference avoidance; Interference characteristics; Long Short-Term memory network

引用格式: 陈丹艳,陈圣难,戴明艳. 面向用户感知提升的干扰自动规避技术研究与应用[J]. 邮电设计技术,2025(12):47-52.

0 引言

5G TDD制式的主力频段为2.6 GHz,受大型考试信号屏蔽、大气波导、GPS失步等突发干扰的影响明显。现网干扰治理的主要痛点包括干扰处理周期过长、人工排查效率低、超远距离大气波导干扰无有效应对措施。基于此,本文构建面向用户感知提升的干

扰自动规避机制,及时触发5G至4G的远端互操作切换,同步提升中近点上行功控参数,保障5G用户感知。

1 5G干扰自动识别原理

本文从时间和频率维度对5G系统内部和外部的干扰进行大数据分析,归纳和整理各类5G干扰类型在时频和空间上的特征,建立干扰特征库^[1]。再利用长短期记忆网络(Long Short-Term Memory, LSTM)的干扰类型识别算法^[2],通过构建深度学习神经网络训练

收稿日期:2025-10-09

模型,应用时序上的信息识别受扰小区PRB粒度的干扰波形特征,精准判断5G干扰类型^[3]。干扰类型自动

识别流程如图1所示。

1.1 数据采集与预处理

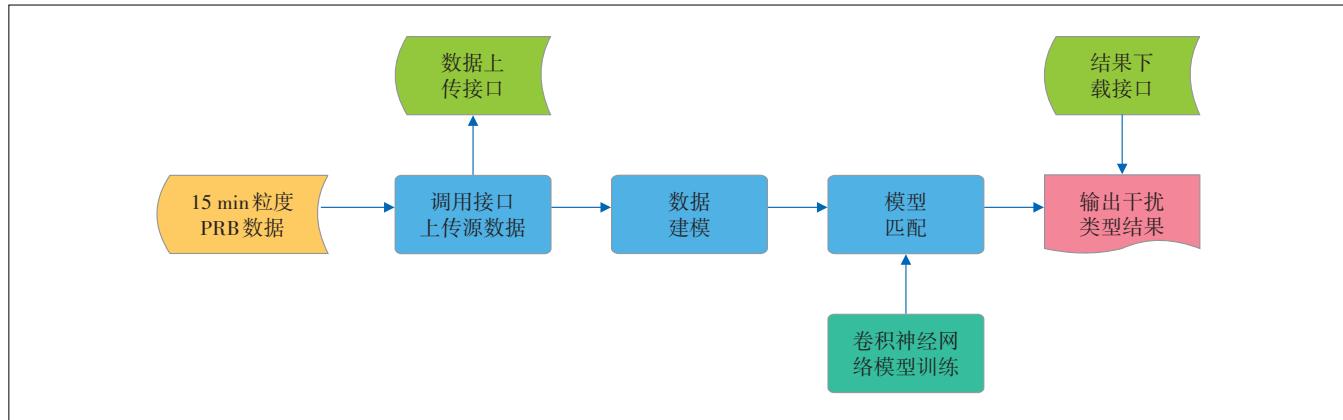


图1 干扰类型自动识别流程

5G网络的干扰参量主要来源于PRB级干扰数据,时间粒度为15 min,其中2.6 GHz有273个PRB数据,700 MHz有160个PRB数据^[4]。在计算某一段频段的干扰时,汇聚前需要将各个PRB上的干扰噪声电平转换成实际接收功率,再将所有PRB上的实际接收功率求和,然后将其转换为总干扰噪声电平^[5]。

$$P = 10^{\frac{RSRP}{10}} \quad (1)$$

$$P_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

1.2 特征提取与识别

本文从时频维度进行数据分析,提取表明干扰存在的特征。以15 min为时间粒度,汇总每个时间粒度上所有PRB的总干扰噪声电平,再以天为周期,按小区提取最大值、最小值、峰值、均值、均方根、方差、峭度、波形指标、峰值指标、脉冲指标等多个指标^[6],多方面分析时间尺度方面的特征,包括信号强度的周期性变化、突发干扰的时段和持续时长等^[7]。

以单个PRB为频域粒度,对单小区每15 min的总干扰噪声电平进行分析,通过希尔伯特黄变换中的EMD分解^[8],根据原始数据上下极值点,分别画出上、下包络线、均值包络线和IMF分量,最终得到频率维度的干扰特征波形(见图2)。

1.3 性能分析

本文引用识别准确率作为衡量系统性能的评估指标,将基于深度学习的识别方法与当前常见的人工干扰类型识别和循环神经网络进行对比,结果如图3所示。

从图3可以看出,LSTM方法较传统人工识别和RNN方法,其收敛速度和准确度均有所提升,证明了此算法模型对识别干扰类型的有效性。

2 策略计算与优化原理

系统将5G干扰分为多种类型,根据多层次不同频段受干扰情况,从功控、功率、互操作等多个维度制定差异化的干扰参数规避算法。强干扰小区优先采用系统间用户迁移策略,配合功控及系统内异频切换参数策略。弱干扰小区优先采用功控及系统内异频切换参数策略^[9]。通过对接参数平台自动执行方案,精细化迁移用户,保障受干扰区域的用户感知。干扰规避实施流程如图4所示,干扰规避算法对应的策略和参数如表1所示。

2.1 数据分析与建模

干扰规避算法涉及多类干扰规避参数,各参数之间存在相互制约,并且不同干扰场景的最优取值策略有所差异^[10]。本文收集了历史受干扰小区的自身特征数据以及不同调整策略下的指标变化情况作为训练数据。

首先,使用最大最小归一化对数据进行处理,消除各个维度间的量纲差异。

$$\hat{x}_{ik} = \frac{x_{ik} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (3)$$

其次,根据参数类型差异,将参数分为数值类参数和开关类参数,分别使用回归模型和分类模型进行参数最优取值的模型训练。对于分类任务,本文使用

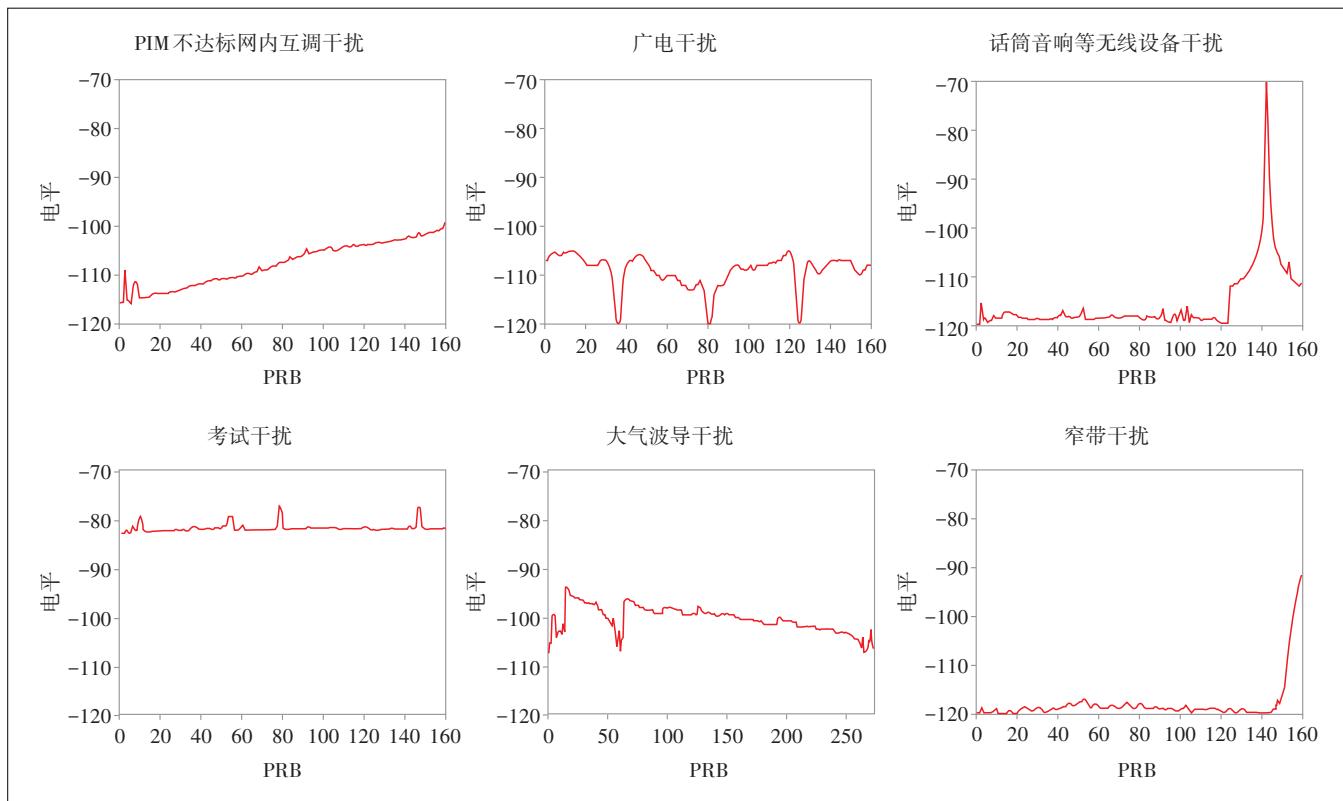


图2 干扰特征波形

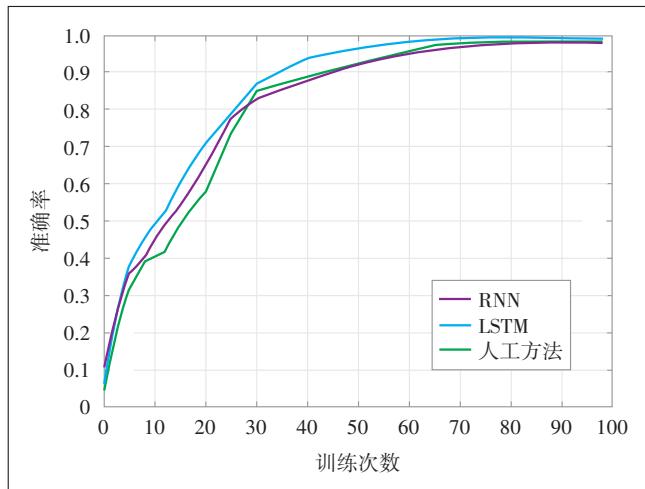


图3 识别准确率对比

ResNet建模,利用残差结构处理复杂多标签多分类任务。对回归任务进行Transformer建模^[11]。

2.2 策略计算与优化

针对大气波导干扰和考试干扰这2种突发且持续时间短、影响范围较大的干扰实施干扰规避^[12],系统依据15 min的北向RB级干扰数据进行分段检测确

认,当连续2个15 min的干扰功率均值大于-105 dBm时启动保障。

基于分析结果,系统计算并生成针对性的干扰规避策略,包括调整功率控制参数、切换阈值等,以减少干扰的影响。

2.2.1 功控参数调整

针对2.6 GHz和700 MHz小区共站且均有上行干扰、2.6 GHz和700 MHz小区共站且仅2.6 GHz小区有上行干扰、2.6 GHz和700 MHz小区共站且仅700 MHz小区有上行干扰、2.6 GHz和700 MHz小区不共站且仅2.6 GHz小区有上行干扰、2.6 GHz和700 MHz小区不共站且仅700 MHz小区有上行干扰5种类型,采取近点降功率方案^[13]。干扰期间需关闭近点降功率策略,并增加PUSCH和PUCCH的初始P0值,提升高干扰场景下中近点用户的感知。

2.2.2 功率参数调整

针对第2.2.1节的5种干扰类型,同样可根据干扰的强弱逐步下调最大发射功率,以便受干扰小区的远端用户迁转至不受干扰的小区。为确保调整后小区的中近点覆盖能力,系统要求调整后小区发射功率不

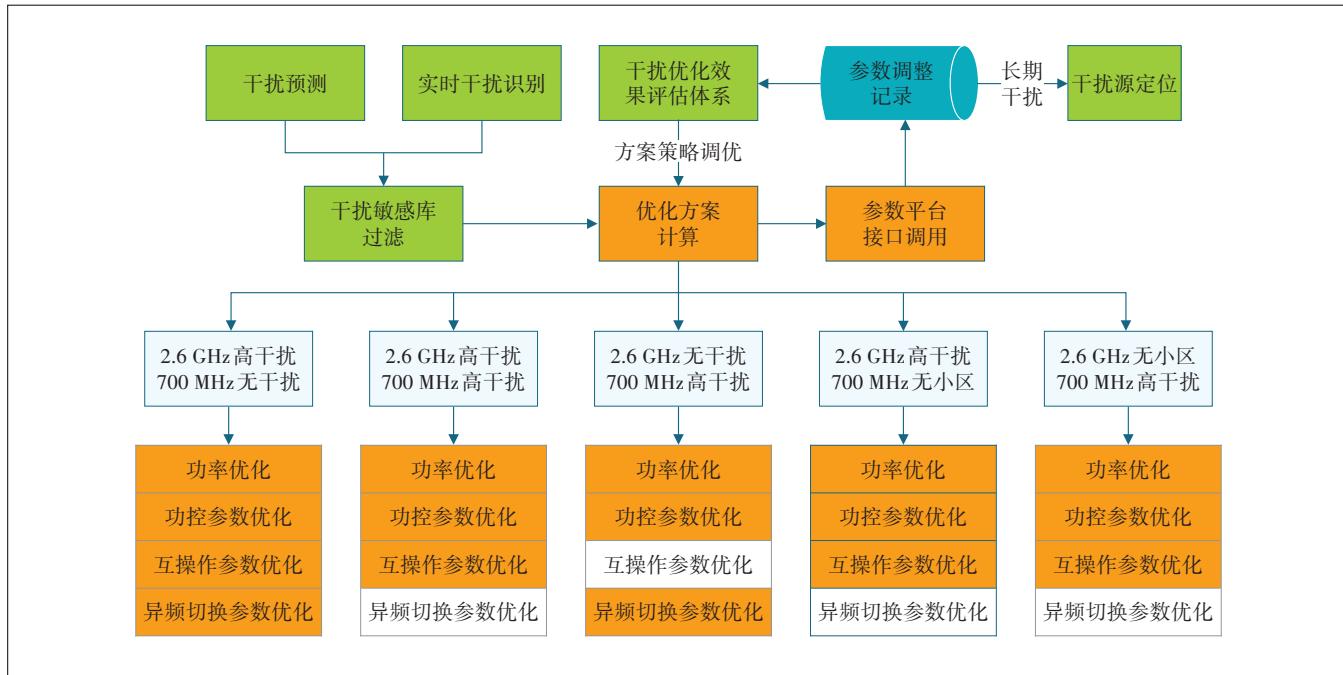


图4 干扰规避实施流程

表 1 干扰规避算法对应的策略和参数

参数类别	英文参数名称	中文参数名称	参数取值范围
功控参数	PoNominalPucch	PUCCH标称PO值	-100~-114 dBm
	PoNominalPusch	PUSCH标称PO值	-74~-86 dBm
	UlPwrCtrlAlgo-Switch	上行功控算法开关	PUSCH_MIDPOINT_RP_SW-0、PUSCH_MIDPOINT_RP_SW-1
功率参数	MaxTransmitPower	最大发射功率	279~460(×0.1 dBm)
系统间互操作参数	CovHoToEutran-BlindA2Thld	基于覆盖的切换至E-UTRAN盲A2 RSRP门限	-81~-115 dBm
	EpsFbMode	EPS FB模式	HANDOVER、Redirection
	HoModeSwitch	切换方式开关	VOICE_BLIND_MOD_E_SWITCH-1、VOICE_BLIND_MOD_E_SWITCH-0
	VONREPSFBADAPTA2RSRPTHLD	VoNR/EPS FB自适应A2 RSRP门限	-90~-100 dBm
系统内异频切换参数	CovInterFreqA1RsrpThld	基于覆盖的异频A1 RSRP触发门限	-31~-132 dBm
	CovInterFreqA2RsrpThld	基于覆盖的异频A2 RSRP触发门限	-31~-137 dBm
	CovInterFreqA5RsrpThld1	基于覆盖的异频A5 RSRP触发门限1	-50~-99 dBm
	CovInterFreqA5RsrpThld2	基于覆盖的异频A5 RSRP触发门限2	-75~-101 dBm

得低于60 W,否则放弃操作^[14]。

2.2.3 系统间互操作参数调整

针对2.6 GHz和700 MHz小区共站且仅2.6 GHz小区有上行干扰、2.6 GHz和700 MHz小区共站且仅700 MHz小区有上行干扰2种类型,将受干扰小区的远端用户迁转至共站不受干扰的异频小区,确保远端用户的感知。具体方案是抬升受干扰小区至共站不受干扰的异频A1门限、A2门限、A51门限,同步调整共站不受干扰小区的A1门限、A2门限、A52门限,避免700 MHz小区与2.6 GHz小区的乒乓切换。

2.2.4 系统内异频切换参数调整

针对 2.6 GHz 和 700 MHz 小区共站且均有上行干扰、2.6 GHz 和 700 MHz 小区不共站且仅 2.6 GHz 小区有上行干扰、2.6 GHz 和 700 MHz 小区不共站且仅 700 MHz 小区有上行干扰 3 种类型, 将受干扰小区的远端用户迁转至共站不受干扰的 LTE 小区, 确保远端用户的感知。具体方案是逐步抬升 5G 到 4G 的盲重定向门限, 确保远端用户的数据业务感知。同时抬升 VoNR 转为 EPS FB 的门限, 并配置 EPS FB 为盲重定向, 确保远端用户的语音业务感知。

2.3 自动执行和持续优化

系统将优化后的参数自动推送至集中参数平台，并快速下发至网管系统执行，确保整体延时控制在1 h

内,从而迅速而准确地落实参数调整,减少对人工操作的依赖。

为提高用户感知,本文基于强化学习算法实时监控参数调整效果,并将结果反馈到下一周期的策略制定中。首先制定综合性评估机制,基于与干扰密切相关的关键性能指标(KPI),例如上行感知速率和SA接通率等数据,通过对这些指标的实时监控并赋予适当的权重,建立用户感知得分体系。该得分体系被整合进干扰规避模型中,用于调整各项参数系数,目的是最大化用户的感知得分。这种持续的学习和改进过程,使系统能够根据实际效果微调当前的干扰处理策略,进而提升网络整体的智能水平和自适应能力^[15]。

3 应用成果

3.1 干扰规避效果呈现

本系统可查询各地(市)各时间段的干扰情况,包括整体干扰值、干扰小区个数、干扰规避工单数量、优

化后流量收益等信息(见图5)。并可以呈现关联指标,评估干扰的影响程度,最小时间粒度可达15 min。

3.2 干扰优化规则自配置

系统可根据需要提供定制化服务,优化人员可配置干扰优化规则,具体如图6所示。

3.3 应用推广效果

本系统运行以来累计完成大量轮次的干扰智能规避调整,显著提升了流量增益、用户上行感知速率、SA接通率并降低了掉线次数。开启干扰规避期间的流量增益达到24.73%,用户5G上行感知速率由2 Mbit/s提升至2.4 Mbit/s,提升17.8%。上行HARQ重传比率改善3.66个百分点,SA接通率提升约1.2个百分点,平均掉线次数下降21.3%。

4 结束语

本文提出的面向用户感知提升的干扰自动规避技术,通过实时监控、深度学习算法识别干扰类型并



图5 干扰规避效果呈现示意



图6 干扰优化规则自配置呈现示意

自动计算规避参数优化方案,实现了干扰识别和规避流程的自动化,有效解决了传统干扰处理方法存在的问题,提升了上行信号质量和用户感知,取得了显著的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 李柯,田华锋.网络干扰自动识别与规避系统[J].长江信息通信,2022,35(12):224-229.
- [2] HOCHREITER S, SCHMIDHUBER J. Long short-term memory [J]. Neural Computation, 1997, 9(8):1735-1780.
- [3] 党泽.基于深度学习的无线通信干扰信号识别与处理技术研究 [D]. 成都:电子科技大学,2020.
- [4] 王玮,左怡民,李宇丰,等.700MHz频段干扰规避优化算法研究 [J].电信工程技术与标准化,2023,36(7):65-72.
- [5] 宋心刚,张冬晨,李行政,等.2.6GHz频段5G上行干扰分析与识别研究[J].电信工程技术与标准化,2021,34(4):74-81.
- [6] 赵小龙.电磁波在大气波导环境中的传播特性及其应用研究 [D]. 西安:西安电子科技大学,2008.
- [7] 宋心刚,葛澍,左怡民,等.基于实时干扰分析的4G/5G干扰源实时监控方法研究[J].电信工程技术与标准化,2023,36(4):51-56.
- [8] 范培全,魏爱玲,张冬晨,等.700MHz频段5G网络性能分析与建

设方案建议[J].电信科学,2022,38(5):158-164.

- [9] 李行政,张柠,宋心刚,等.基于参数调整的电磁干扰自动规避技术研究[J].电信工程技术与标准化,2024,37(2):31-35.
- [10] 葛澍,王琳,高峰,等.基于卷积神经网络的无线视频监控干扰识别算法研究[J].移动通信,2023,47(7):104-110.
- [11] 练东海.基于深度学习的无线通信干扰信号识别与处理[J].通信电源技术,2021,38(2):104-107.
- [12] 汪汀岚,李行政,左怡民,等.5G大气波导干扰分析及规避方法研究[J].电信科学,2022,38(4):130-137.
- [13] 石建.面向5G的移动通信技术及其优化研究[D].天津:天津大学,2016.
- [14] 郭晓光,李晓勇,哈达,等.一种基于大数据的4G/5G邻区规划优化方法[J].长江信息通信,2023,36(11):199-203.
- [15] 范培全,张冬晨,王西点.基于机器学习技术的直放站干扰识别方法研究[J].电信工程技术与标准化,2021,34(10):1-6.

作者简介:

陈丹艳,高级工程师,硕士,主要研究方向为5G/4G无线网络优化、大数据应用开发研究等;陈圣难,助理工程师,硕士,主要研究方向为5G/4G无线网络优化、深度学习算法、大数据应用开发研究等;戴明艳,高级工程师,硕士,主要研究方向为5G/4G无线网络优化、5G/4G无线网络规划等。