

基于梯度引导生成对抗网络与平面波积分表示的毫米波暴露评估电场超分辨率重建

易世伟^{1,2}, 李从胜¹, 巫彤宁¹

¹中国信息通信研究院, 中国北京市, 100191

²国家无线电监测中心检测中心, 中国北京市, 100041

摘要: 近年来, 准确评估人体暴露于毫米波 (mmWave) 电场 (E-field) 的水平对公共健康与安全变得至关重要。根据国际电工委员会 (IEC) 和电气与电子工程师协会 (IEEE) 的规范 (IEC/IEEE 63195-2标准), 评估毫米波电磁暴露需要高空间分辨率的电场分布数据。本研究提出一种结合电场梯度损失的生成对抗网络 (GAN), 命名为EFGraGAN, 用于毫米波电场的超分辨率重建。电场梯度损失的引入使网络能够同时学习局部场强幅度与空间结构, 从而提升重建电场图的准确度并丰富结构细节。为提高模型在不同类型天线上的泛化能力, 利用平面波积分表示 (PWIR) 和随机参数化入射生成训练数据集, 从而模拟多样化的场分布情况。结合双线性插值, 该方法在30 GHz和60 GHz频段下均实现了高分辨率重建, 满足IEC/IEEE 63195-2标准对暴露评估的要求。数值仿真结果表明, 在4×4偶极子阵列场景下 (频率高达60 GHz), EFGraGAN在皮肤体模中重建电场分布的最大平均相对误差 (MRE) 小于9%, 性能优于传统的线性插值方法和GAN模型。此外, 该方法还展现出对噪声的强鲁棒性, 有望助力现有测量系统实现对毫米波暴露准确且高效的评估。

关键词: 场重建; 生成对抗网络 (GAN); 毫米波 (mmWave) 暴露
<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0021>