 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i4.5318

Research on multi-mode transmission optimization and coverage enhancement strategy of emergency broadcast system based on 5G-NR broadcasting technology

Hao Yuan

Shandong Radio and Television Transmission Support Center, Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

With the rapid development of 5G technology, 5G-NR (New Radio) broadcasting technology has gradually become an important part of emergency broadcasting system. Emergency broadcasting system plays a vital role in modern society, especially in the case of natural disasters, public emergencies and other emergencies, it can disseminate key information quickly and effectively, and ensure the life safety of the public and social stability. In order to improve the coverage and transmission quality of emergency broadcasting system, the application of 5G-NR broadcasting technology in emergency broadcasting is of great significance. This paper discusses the multi-mode transmission optimization and coverage enhancement strategy of 5G-NR broadcast technology in emergency broadcast system.Firstly, the basic principle of 5G-NR broadcasting technology and the demand analysis of emergency broadcasting system are introduced. Then, the advantages of multimode transmission technology and its application in emergency broadcasting are analyzed. Then, a transmission optimization scheme based on 5G-NR broadcasting technology is proposed, including resource scheduling, spectrum management, signal enhancement and other strategies. Finally, the effectiveness and feasibility of the proposed strategy are verified by simulation analysis.

Keywords

5G-NR broadcasting technology; Emergency broadcast system; Multimode transmission; Coverage enhancement; Resource scheduling

5G–NR 广播技术下应急广播系统的多模传输优化与覆盖增强策略研究

袁昊

山东省广播电视传输保障中心，中国 · 山东 济南 250000

摘　要

随着5G技术的快速发展，5G-NR（New Radio）广播技术已逐渐成为应急广播系统的重要组成部分。应急广播系统在现代社会中扮演着至关重要的角色，尤其是在自然灾害、突发公共事件等紧急情况下，能够迅速有效地传播关键信息，保障公众的生命安全和社会稳定。为了提升应急广播系统的覆盖范围和传输质量，5G-NR广播技术在应急广播中的应用具有重要意义。本文探讨了5G-NR广播技术在应急广播系统中的多模传输优化与覆盖增强策略。首先，介绍了5G-NR广播技术的基本原理和应急广播系统的需求分析；然后，分析了多模传输技术的优势及其在应急广播中的应用；接着，提出了基于5G-NR广播技术的传输优化方案，包括资源调度、频谱管理、信号增强等策略；最后，通过仿真分析验证了提出策略的有效性和可行性。

关键词

5G-NR广播技术；应急广播系统；多模传输；覆盖增强；资源调度

1 引言

在信息技术日新月异的今天，通信技术的不断发展推动了各行各业的智能化和数字化进程。特别是在应急管理领域，信息的传输和覆盖质量直接关系到应急响应的效果。随着 5G 通信技术的不断成熟，5G-NR 广播技术为应急广播系统提供了更为高效、可靠的解决方案。相比于传统的广播技术，5G-NR 广播不仅能够提供更大的带宽、更高的数据传输速率，还能实现更广泛的覆盖范围和更低的时延，满足应急广播系统对实时性和覆盖范围的高要求。

应急广播系统的主要任务是及时传递公共安全信息，在突发灾害、事故等情况下迅速向公众发布预警信息，帮助人们采取正确的应对措施。传统的应急广播系统通常依赖于

【作者简介】袁昊（1996–），女，中国山东潍坊人，本科，助理工程师，从事广播电视工程研究。

单一的传输方式，面临着覆盖范围有限、抗干扰能力差、信号可靠性不足等问题。随着 5G 技术的引入，尤其是 5G-NR 广播技术的应用，能够有效解决这些问题。5G-NR 广播技术能够实现多模传输，不仅可以通过传统的广播方式传播信息，还可以通过 5G 网络的高效数据传输能力进行信息的实时更新和分发，从而提高了信息的传播速度和覆盖范围。

本文主要研究 5G-NR 广播技术在应急广播系统中的多模传输优化与覆盖增强策略，旨在通过深入探讨和分析相关技术，提出切实可行的优化方案，以提高应急广播的效率和可靠性。首先，我们将简要介绍 5G-NR 广播技术的基本原理及其在应急广播中的应用需求；然后，分析多模传输优化策略的可行性；最后，结合仿真结果验证优化方案的效果，并对未来的应用前景进行展望。

2 5G–NR 广播技术概述与应急广播系统需求分析

2.1 5G–NR 广播技术的基本原理

5G-NR 广播技术作为 5G 通信系统的重要组成部分，基于 5G 网络架构提供了更高效的数据传输和广播能力。与传统的广播系统相比，5G-NR 广播技术在频谱利用率、传输速率、延迟等方面具有显著优势。5G-NR 广播技术的核心特点包括高带宽、大连接数、低时延等，可以支持大规模的设备连接和实时数据传输。

5G-NR 广播技术采用了灵活的频谱管理和资源调度机制，能够根据不同的需求进行动态的频谱分配，优化资源利用。在5G网络中，广播信号可以在不同的传输层次进行分发，包括传统的地面广播和基于 5G 网络的分布式广播，使得信息的传播范围和覆盖能力得到了显著提升。此外，5G-NR 广播技术还能够支持多模传输，即同时通过不同的传播路径（如广播、通信、卫星等）进行信息传输，进一步提高了信息传播的可靠性和抗干扰能力。

2.2 应急广播系统的需求分析

应急广播系统是应急管理体系中不可或缺的一部分，主要用于在灾害发生时，及时向公众发布灾情、预警、避险等关键信息。现代应急广播系统需要具备以下几个基本要求：首先，实时性强，能够在灾害发生后第一时间传达信息；其次，覆盖范围广，能够覆盖到灾区的所有区域，包括一些偏远地区；第三，抗干扰能力强，能够在复杂环境下稳定工作，如通信中断、设备故障等；最后，信息的可靠性和准确性要求极高，确保公众能够获得正确的应急信息。

传统的应急广播系统通常依赖于单一的无线电广播或电话网络进行信息传输，存在覆盖范围不足、信息传递滞后、信号易受干扰等问题。而 5G-NR 广播技术则能够通过其高带宽、低时延的特性，为应急广播系统提供更高效的解决方案。5G-NR 广播系统不仅能够通过 5G 网络提供实时数据传输，还可以结合传统的广播方式，扩展广播覆盖范围，实现对复杂环境下的全面覆盖。

2.3 5G–NR 广播技术对应急广播系统的提升

通过 5G-NR 广播技术的应用，应急广播系统能够克服传统广播的不足，显著提高广播质量和覆盖范围。首先，5G-NR 广播技术能够提供更高的数据传输速率和更大的带宽，使得广播信息能够迅速传递，减少了信息传递过程中的延迟。其次，5G-NR 广播技术能够实现多模传输，即可以同时通过不同的传输路径进行广播，提高了信息传输的可靠性。此外，5G 网络的广泛覆盖和灵活的频谱管理，使得应急广播系统能够实现大范围的覆盖，尤其是在灾区的偏远区域，能够确保信息的及时传达，保障公众的生命安全。

3 5G–NR 广播技术下应急广播的多模传输优化策略

3.1 多模传输的概念与应用

多模传输指的是通过不同的传输路径同时进行数据传输的一种技术手段。在 5G-NR 广播系统中，多模传输可以通过 5G 网络、地面广播、卫星传输等多种方式进行信息的同步广播。这种技术的优势在于能够在不同的传输路径中选择最佳的路径进行数据传输，从而提高传输效率和抗干扰能力。

多模传输技术在应急广播中的应用，主要体现在两个方面：一方面，它能够通过多种传输方式提高信息的覆盖范围，确保即使某些传输路径受阻，其他路径仍然能够有效传递信息；另一方面，结合 5G 网络的低时延和高带宽特性，多模传输能够极大提升信息传递的实时性和准确性，确保应急信息能够在灾难发生后及时传达给受影响地区的公众。

3.2 资源调度与频谱管理

在 5G-NR 广播技术中，资源调度和频谱管理是实现多模传输优化的关键因素。5G 网络通过灵活的资源调度机制，可以动态地调整不同传输路径的资源分配，根据网络负载、用户需求、信号质量等因素，优化频谱的使用效率。在应急广播系统中，频谱管理尤为重要，因为灾难发生时，广播系统可能面临巨大的数据传输需求，如果频谱资源不足，可能导致信息传递滞后，甚至出现系统崩溃的风险。

为了提高应急广播的效率，可以通过多频段协同使用、频谱共享等手段实现更高效的资源利用。在频谱管理方面，采用先进的频谱分配算法，根据实时需求动态分配频谱资源，确保在灾难期间，广播系统能够提供持续、稳定的服务。

3.3 信号增强与抗干扰策略

在复杂的应急环境中，信号的可靠性和抗干扰能力至关重要。5G-NR 广播技术的一个重要特点是能够通过网络的协同作用和资源的灵活调度，增强信号的覆盖范围和传输质量。为了提升应急广播系统的抗干扰能力，可以采用多种技术手段，如采用波束赋形技术、网络切片技术以及信号增强算法等，通过网络中的智能资源调度，实现对信号的增强

和干扰的抑制。

此外，可以通过优化传输路径选择、增加冗余传输等手段，提高系统的鲁棒性，确保信息传递在复杂环境下的稳定性。通过这些措施，5G-NR 广播系统能够在恶劣的天气、复杂的地形以及可能存在的网络拥塞等环境下，提供可靠的服务，保证应急信息的准确传递。

4 5G–NR 广播技术的仿真分析与性能评估

4.1 仿真平台的构建与实验设计

为了验证提出的优化策略的有效性，仿真平台的构建至关重要。仿真平台可以模拟不同的灾难场景，并允许研究人员分析不同传输路径、频谱管理方案和资源调度策略对应急广播系统性能的影响。通过仿真，我们能够在控制的虚拟环境中测试优化策略的实际效果，为实际部署提供数据支持。

仿真平台的构建通常需要先对系统架构进行设计。平台应能够模拟多种灾难场景，如地震、洪水、火灾等自然灾害，或是人为干扰造成的突发情况。为了确保实验的全面性，仿真平台应支持多种通信技术的集成，如 5G-NR、Wi-Fi、LTE 等，并能灵活配置不同的网络负载、用户分布、环境条件及网络拓扑。具体来说，仿真平台的设计可以包括以下几个部分：一是传输路径的模拟，包括通信信号的覆盖范围、传输速率、信号强度等；二是频谱管理的模拟，分析不同频段的资源分配对系统性能的影响；三是资源调度策略的模拟，探讨在不同网络负载和环境条件下，如何动态调整资源以实现最佳性能。

实验设计中，可以设置多个变量，如网络负载（高、中、低负载）、用户分布（均匀、集中的分布）、环境条件（城市、乡村、山区等不同环境）以及灾难发生后的响应时间要求等。通过对比分析不同优化策略下的系统性能，如数据传输速率、时延、覆盖范围、频谱效率、信号抗干扰能力等指标，可以全面评估优化策略在灾难场景中的有效性。

4.2 仿真结果与分析

通过仿真实验，可以获得不同优化方案下应急广播系统的性能指标。在实验中，我们采用了多种优化方案，尤其是多模传输优化方案，这一方案能够有效提高系统的鲁棒性，保证在灾难发生后的应急广播服务稳定性和可靠性。仿真结果表明，相较于传统的单一传输方式，采用多模传输优化方案能够显著提高系统的时延性能和覆盖范围。

研究发现，使用多模传输优化后的系统能够在灾难发生后迅速提供广泛的覆盖范围，确保受灾地区的用户能够快速收到应急信息。相比传统的单一传输方式，系统的时延明显降低，信息传输更加及时。此外，系统的信号抗干扰能力显著提升，尤其是在网络拥塞或干扰较大的环境中，优化后的 5G-NR 广播系统能够保持较高的稳定性和可靠性。通过合理的频谱管理和资源调度策略，系统能够高效利用有限的资源，避免了网络拥堵和频谱资源的浪费，从而进一步提高了广播信息的传输效率。

在网络拥塞或信号干扰较大的环境中，优化后的系统能够有效降低传输过程中的数据包丢失率，并且即使在较低的信号质量下，广播信息依然能够稳定、可靠地传输。这表明，优化后的 5G-NR 广播系统具有更强的抗干扰能力，能够在灾难等极端情况下提供更为可靠的通信保障。

5 挑战与未来发展方向

5.1 技术挑战与瓶颈

尽管 5G-NR 广播技术在应急广播中的应用前景广阔，但仍面临一些技术挑战。例如，如何进一步提高网络的覆盖范围，尤其是在偏远地区和高风险区域；如何在大规模灾难发生时，确保 5G-NR 网络的稳定性和可扩展性；如何在极端环境下保持多模传输的高效性和稳定性，这些问题仍需要进一步研究和解决。

5.2 未来发展方向

未来，5G-NR 广播技术在应急广播中的应用将更加成熟，随着网络技术、资源调度、频谱管理等方面的持续进步，5G-NR 广播系统将能够提供更加可靠、高效的服务。未来的研究方向将包括提升网络的智能化水平、加强信号的增强和抗干扰能力以及实现更广泛的全球覆盖等方面。随着技术的不断发展，5G-NR 广播系统将在全球应急管理体系中发挥越来越重要的作用。

6 结语

随着 5G 技术的不断发展和应用，基于 5G-NR 广播技术的应急广播系统将在提高信息传递效率、扩大覆盖范围、增强信号可靠性等方面发挥重要作用。通过多模传输优化和资源调度策略的实施，5G-NR 广播系统能够在灾难发生时提供稳定、实时的应急信息传递，保障公众的生命安全。未来，随着技术的进一步完善，5G-NR 广播系统将在全球应急管理中发挥更加重要的作用，为公共安全提供更加坚实的保障。

参考文献

[1] 谢田晋,罗冷坤,王景奇,等.基于“通导遥一体化”的应急广播体系建设探索与创新应用[J].广播电视网络,2024,(S2):115-118.

[2] 谢晓锋.5G 广播技术发展研究综述与展望[J].河南科技,2024,51(20):14-19.

[3] 王红红,李欣欣,张庆收.5G NR广播技术在广播电视领域的运用[J].电声技术,2024,48(06):117-120.

[4] 王丽萍,张银成,邓一伟,等.5G-NR XR网络架构关键技术研究与演进[J].邮电设计技术,2025,(02):6-11.