

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)03-0143-04

基于5G网络切片技术的无线传播模式的优化方法

李鹏, 齐晓红

(陕西机电职业技术学院, 陕西宝鸡 721001)

摘要: 5G网络下多采用无线传输模式,然而无线传播模式的模型种类较多,性能也参差不齐,随着外界环境的变化,使用效果不是很理想。在此背景下,提出了一种采用5G网络切片模型技术对无线网络传播模式进行优化设计的算法,从而极大改进了信号传播效率,通过理论计算和分析,并采用MATLAB仿真实验对比,用吞吐量的变化来测试eMBB场景下的速率,用时延来测试uRLLC场景下的可靠性,用系统满内足用户数来测试mMTC场景的海量资源分配的公平性,实验数据结果表明,在同等条件下,模拟5G网络典型三大应用eMBB、uRLLC和mMTC场景所提出的利用5G网络切片技术的优先匹配算法方案能实现资源的合理分配,保证数据传输的最大化利用,明显提高了无线传播模式下的传输速率、时延、可靠性等重要参数,极大地改进了5G网络无线传播模式的性能,用户体验在不同场景下得到提升,具有非常好的应用价值。

关键词: 网络切片;无线传输;传输性能;资源分配;5G无线网络

中图分类号: TP393.09; TN929.5

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)03-0143-04

Optimization method for wireless propagation mode based on 5G network slicing technology

LI Peng, QI Xiaohong

(Shaanxi Institute of Mechatronic Technology, Baoji 721001, Shaanxi, China)

Abstract: Under 5G networks, wireless transmission modes are predominantly employed. However, the variety of wireless propagation models results in inconsistent performance, and their effectiveness deteriorates with changing external conditions. In this context, this paper proposes an algorithm that optimizes wireless propagation models using 5G network slicing technology, significantly enhancing signal propagation efficiency. Through theoretical calculations and MATLAB simulations, the proposed priority matching algorithm based on 5G network slicing is evaluated by measuring throughput for eMBB scenarios, latency for uRLLC scenarios, and the number of users meeting system capacity for mMTC scenarios. Experimental results demonstrate that, under identical conditions, the proposed solution effectively allocates resources, maximizes data transmission utilization, and notably improves key parameters such as transmission rate, latency, and reliability in wireless propagation modes. This significantly enhances the performance of 5G network wireless propagation, delivering improved user experiences across diverse scenarios and showing strong practical value.

Keywords: network slicing; wireless transmission; transmission performance; resource allocation; 5G wireless network

目前,移动通信网小区在网络规划过程中有许多的参考数据,其中一个重要参数是传播模型,因为它能够直观且综合地反映出无线电波在传播路径上的损耗^[14]。其精准程度与小区规划的合理性紧密相连,也关乎运营商能否以经济且合理的投资来契合用户需求。该模型的价值体现为,在确保精度的情形下,实现人力、费用以及时间的节约。

网络切片通常侧重于在通信系统的核心网络部分展开切片部署,不过在RAN(无线接入网)侧同样能够进行切片操作^[1-3]。从宏观视角审视5G承载网切片技术,其实质是在逻辑层面上对承载网的各种资源进行分割,分割的资源涵盖计算资源、存储资源以及带宽资源等,分割后

的资源具有弹性编排、安全可靠、独立运行维护等特点。承载网一般由路由器和光传送网络OTN相互协作,其中路由器承担自动化路径的计算与调度工作,而OTN负责长距离大容量的传送任务。在5G承载网络体系中^[10],网络切片占据了关键地位,它能够根据需求灵活地分配网络资源并结合网络能力,基于5G网络,生成逻辑子网,而且子网特性各异。在系统内部,所有的端到端的切片从结构上是完整的,都是由无线网、传输网以及核心网组成,这些切片在系统中实现统一管理,统一使用。

本文重点以5G网络切片技术作为依托,针对无线传播模式开展优化设计工作,提出了优先匹配算法方案,同

收稿日期: 2025-01-04; **录用日期:** 2025-03-18

基金项目: 2024年度陕西省职业教育教学研究课题(2024SZX616)

作者简介: 李鹏(1990—),男,硕士研究生,讲师,研究方向:电子信息与5G通信技术。

引用本文: 李鹏,齐晓红. 基于5G网络切片技术的无线传播模式的优化方法[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(3): 143-146. (LI Peng, QI Xiaohong. Optimization method for wireless propagation mode based on 5G network slicing technology[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(3): 143-146.)

时在不同参数条件下对性能加以对比,有力地证实了该方案能够显著提升通信数据在无线传播模式下的传输效能。

1 无线电波传播的几种模型分析

对于传播模型的研究^[4-5],所采用的研究方法主要有,预测某一特定位置附近的平均接收场的强弱,并对某一特定场所的强弱变化进行估算。下面首先对几种传播模型进行分析,对其传播特性进行理论计算,对比各自模型的优点与缺点。

1.1 Okumura-Hata 模型

Okumura-Hata 模型能直观体现出宏蜂窝路径上的损失^[5],它一般用在 150~1 000 MHz 的频率,最大的距离不能超过 20 km(保证信号在范围之内),建设的基站高度要求在 30~200 m 范围以内,模型内部的传输天线,在设备终端要求有效天线的高度要在 0~1.5 m 以内。该经验公式是通过测试数据进行统计分析而得出的,并已在 900 MHz 的 GSM 中广泛应用。具体的传播损耗(dB)公式为

$$PL = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.28 \lg h_b + (44.9 - 6.55 \lg h_b) \lg d - A_{hm} \quad (1)$$

式中, f 为频率, h_b 为基站天线有效高度, d 代表水平距离(即发射与接收设备), $A_{hm} = (1.1 \lg f - 0.7) h_m - (1.56 \lg f - 0.8)$ 。

1.2 COST231-Hata 模型

COST231-Hata 模型的适用频率为 1 500~2 000 MHz,小区半径为 1~20 km 宏蜂窝,发射天线高度为 30~200 m,接收天线高度为 1~10 m。传播损耗(dB)公式为

$$PL = 46.3 + 33.9 \lg f - 13.82 \lg h_b + (44.9 - 6.55 \lg h_b) \lg d - A_{hm} + C_m \quad (2)$$

式中, C_m 为校正因子(大城市, 3 dB, 中等城市和郊区中心区, 0 dB)。

1.3 Keenan-Motley 模型

Keenan-Motley 模型应用于室内环境^[7],包括视距(LOS)和非视距(NLOS)传播两种^[6]。传播损耗(dB)公式为

$$PL = 20 \lg d + 20 \lg f - 28 + X_\sigma$$

$$PL = 20 \lg d + 20 \lg f - 28 + L_{j(n)} X_\sigma$$

式中, X_σ 为慢衰落余量; $L_{j(n)} = \sum_{i=0}^n p_i$, p_i 是第 i 面隔墙的穿透损耗, n 是隔墙个数。表 1 所示不同材料在频率为 1.8 ~ 2.0 Hz 时的损耗典型值。

表 1 穿透损耗

Tab. 1 Penetration loss

穿透材料	损耗值/dB
混凝土墙	15~30
砖墙	10
木板	5
厚玻璃墙	2~5
薄玻璃	1~3
电梯门	20~30

2 针对 5G 网切片技术的算法介绍

2.1 轮询算法

轮询(round robin, RR)算法^[12]是出现较早,研究也比较早的一种算法,它能保证每个用户之间获取的数据绝对公平,通过把数据通信的吞吐量进行平均分配,能够让社区用户获取数据的性能公平性实现最大化。RR 算法也可以叫作公平时间调度算为了保证其公平性,在系统中它是用用户获取资源的时间为基础,保证用户调度优先级是一样的,然而实际切片中是不一样的,因为实际中资源分配是有区别的,因此它存在两个缺点,一个是忽略了不同的具体频道特性和用户优先级的区别,另一个是在用户获取资源的时候忽略了不同的信息特性。RR 算法从本质上讲是一种盲选的算法,因而它在数据处理过程中对于用户的服务质量(QoS)要求无法保证,与此同时,如果系统存在多用户时的资源分配时,其分配方式也无法实现最大化。所以 RR 算法应用场景比较有限,因而其提供的系统吞吐量也是十分有限。

2.2 最大干扰比算法

最大载波干扰比(max carrier-to-interference ratio, Max C/I)算法^[13],也可以称为最大载干比算法。Max C/I 算法的特性是可以让系统用户在参与分配的流程中具有优先级,保证系统内切片资源按照优先级分配。系统资源分配时,其他条件一样的情况下, C 值大的用户优先级要高。按照这个原理,那么单个信道条件好的用户就可以获得所有的切片资源。在系统中,这种资源分配方法能实现系统中资源的最大容量,然而,其本质上又忽略了资源分配过程中的公平性,存在用户得不到资源数据的情况,那么这样就会出现个别用户资源数据优良,其他用户不能得到较好的服务,这种资源分配方式是按照它本身的原则进行分配,Max C/I 算法表达优先级选择时,用式(3)表示为

$$j(t) = \operatorname{argmax}_i \{r_i(t)\} \quad (3)$$

式中, $j(t)$ 代表在时刻 t 时被选中的用户,选取的方法采用切片网络调度算法; $r_i(t)$ 代表传输速率, i 代表使用网络时用户, t 代表时刻。

这个算法能够使得系统吞吐量实现最大化,实际应用中,它存在缺点,因为它在资源分配时忽略了重要参数。

2.3 比例公平算法

通过对以上两种算法分析,可以看出它们都存在缺陷,经过分析研究后,对以上算法进行改进,有学者在此基础上,形成一种新的理论算法——比例公平(proportional fair, PF)算法^[13]。在 PF 算法系统中进行资源分配时,一个用户对应一个调度优先级,式(4)中, $P_i(t)$ 用来代表在系统内第 t 个时段时,用户 i 的当前的调度算法优先级。

$$P_i(t) = \frac{r_i(t)}{R_i(t)} \quad (4)$$

式中, $r_i(t)$ 代表瞬时速率; $R_i(t)$ 代表平均传输速率。

这个公式是资源分配时的重要计算公式,因为它可以

表示系统内部用户获得资源分配的优先级。在每次调度周期结束后,PF 算法首先要进行更新之前系统内用户的历史传输速率,然后,在下一个调度周期开始时,在系统中进行查找,选择 $P_i(t)$ 最大的用户作为调度对象。这样做的目的是可以保证平均传输率最小的用户被调度概率最大,从而实现了系统吞吐量和用户的公平性。

2.4 提出的算法模型介绍

在系统模型中,进行资源分配时,考虑的资源分配考量很多,但是,UE 的优先级信息和 RB 组的优先级信息这两个信息量都是通过用户端 UE 在切片内的权重参数决定的^[8-9]。本文设计的切片内优先匹配算法,它的逻辑是在网络切片技术的基础之上,主要目的是为了资源块和优先级在资源分配之前,先将资源分为实时业务资源和非实时业务两模块,从而达到组合最优的目的,将用户优先级和切片内资源块优先级结合在一起。其中,实时业务是在系统运行前需要预先配置资源,在资源分配算法运行前向实时业务预先配置一定资源,以保证基本业务需求,从而保证系统运行的基础业务。完成一次分配后,系统重新计算优先级,接着再将用完释放出来的 RB 再循环使用,准备下一次分配时的计算。针对 3 种不同类型的切片(eMBB 切片,uRLLC 切片,mMTC 切片),完成不同的资源分配,具体运行过程如图 1 所示。

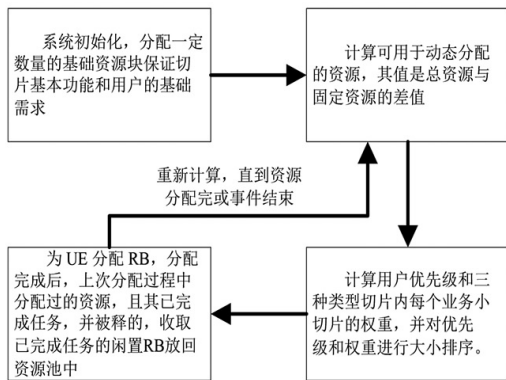


图 1 算法模型流程图

Fig. 1 Algorithm model flow chart

3 实验与分析

本次实验用 MATLAB 仿真对比 5G 切片技术对无线传播模式下的传输速率、延时、可靠性等参数的优化与提高^[15]。

算法运行时,首先检测是否有实时数据,然后为实时数据分配资源,保证服务质量,接着检测计算机切片内的剩余资源,同时回收闲置资源,选取当前时刻最大的权重切片,然后选择用户,与对应的切片匹配,如此循环直到运行结束。具体实验设计如下。建立实验模型分别在 5G 网络的三大应用场景下,测量信号的传输速率、延时、可靠性等参数。分别对比模型在最大干扰比算法、轮询算法、比例公平算法和提出的优先匹配算法 4 种算法下的数据结果,对实验结果进行分析。

3.1 实验模型建立

仿真实验使用了 64 位 Win10 操作系统,运行内存为 16 GB,使用 Matlab 运行编程,最大限度地提高用户 QoS,结合本文研究的特点,在此基础上设定了仿真环境的仿真参数^[11],具体参数数据分布如表 2 所示。

表 2 仿真参数设置表

Tab. 2 Simulation parameter settings

参数名称	参数范围	试验参数
仿真系统的网络带宽	0~100 MHz	30 MHz
小区用户数 n	10~1 000	100
传输时间间隔	—	0.01 s
系统总时间	15~30 s	20 s
系统资源/RB	—	10 000
频率转换时间	—	0.01 s

为了更加适用于 5G 网络的三大应用场景,针对三种场景进行对应的试验。

- 1) eMBB 切片场景中。要求的是高速率,所以将吞吐量作为系统的主要参考指标。
- 2) uRLLC 切片场景中。要求的是低时延高可靠性,所以将时延作为主要关注的参数指标。
- 3) mMTC 切片场景中。要求的是海量广链接,公平性参数作为相关分析指标。

3.2 eMBB 场景下网络切片实验

在 eMBB 场景下,主要的性能指标增强移动带宽,所以把吞吐量作为标准,具体仿真结果如图 2 所示。

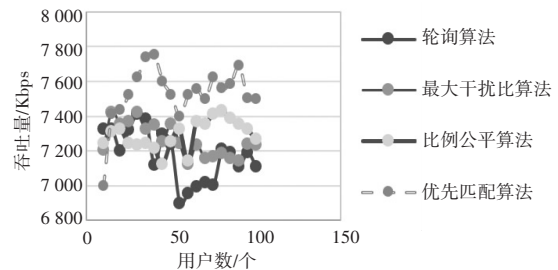


图 2 用户量与吞吐量的仿真图

Fig. 2 Simulation diagram of user volume and throughput

从图 2 中可以看出,在系统条件下,随着用户数量的增加,本文提出的优先匹配算法相比其他 3 种算法,吞吐量明显高于其他算法,证明本文提出的算法是可行的。

3.3 uRLLC 场景下网络切片实验

在 uRLLC 场景下,主要要求通信数据的低时延和高可靠性,将用户端的等待时间(低时延)作为参考指标,来对比各种算法下通信性能,具体仿真结果如图 3。

针对图 3 可以看出,在系统条件下,优先匹配算法的用户等待时间比其他 3 种算法的更优,证明了本文提出的优先匹配算法的可行性是非常强的。

3.4 mMTC 场景下网络切片实验

在 mMTC 场景下,主要要求数据的海量大链接,在系统稳定条件下,用满足要求的用户数作为参考标准,对比

各种算法下的通信数据,具体仿真结果如图4。

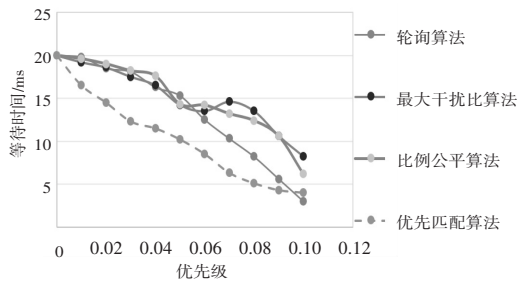


图3 等待时间(低延时)仿真图

Fig. 3 Simulation diagram of waiting time (low latency)

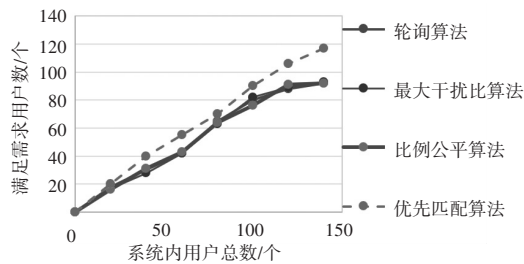


图4 4种的算法的满足用户要求数量

Fig. 4 The number of algorithms that meet user requirements for the four algorithms

从图4看出,本文提出的优先匹配算法相比其他算法满足用户要求的用户数据更多,稳定性相对更好。

4 结论

5G网络的网络切片技术,为多样化业务场景的网络需求给予了更具灵活性与定制化的解决方案,有力推动了移动通信技术向前迈进。本文设计了一种优先匹配算法,并将其与经典的资源分配算法进行比较,得出相应的分析结论。首先,本文构建了5G切片模型,接着,按照参数要求,规划方案,最终把改进的优先匹配算法和经典算法实施仿真分析与结果对照,结果证实本文提出的算法性能更优。5G网络切片技术为应对无线通信数据在网络容量和速率方面的需求和问题提供了坚实的保障,特别是公共防

护和救援通信,在相关通信部署中应用前景广阔,稳定性进一步增强。

参考文献

- [1]王晖,邵其心,刘缪,等.基于GSIC的上行链路毫米波大规模MIMO-NOMA系统低功耗传输方法[J].电信科学,2023,39(1):51-59.
- [2]梅增杨,许密,戴勇,等.基于加权递归最小二乘的MIMO系统信道估计[J].电力信息与通信技术,2023,21(2):85-90.
- [3]周立炎,王天闻.船舶远距离通信网络数据流低延时传输方法设计[J].舰船科学技术,2022,44(24):169-172.
- [4]王圣易.5G技术研究及其在远程医疗、远程手术中的应用[J].上海电气技术,2023,16(4):50-53.
- [5]高媛媛,王小雨,李娜,等.基于SWIPT的去蜂窝大规模MIMO系统安全传输方法[J].陆军工程大学学报,2022,1(3):1-11.
- [6]张辰宇.基于5G通信技术的矿井开采工作面环境监测系统[J].能源与环保,2022,44(11):220-225.
- [7]ZIEGLER V, VISWANATHAN H, FLINCK H, et al. 6G architecture to connect the worlds[J]. IEEE Access, 2020(8): 173508-173520.
- [8]朱睿,傅友华.基于多IRS辅助的MIMO网络安全通信[J].南京邮电大学学报(自然科学版),2022,42(5):29-35.
- [9]周立炎,王天闻.船舶远距离通信网络数据流低延时传输方法设计[J].舰船科学技术,2022,44(24):169-172.
- [10]龚喜,张旭,杨飞朋,等.一种无线通信网络信息敏感密文数据差错恢复方法[J].自动化技术与应用,2024,43(7):107-110.
- [11]陈强,刘彩霞,李凌书.基于改进贪婪算法的5G网络切片动态资源调度策略[J].网络与信息安全学报,2018,4(7):60-68.
- [12]BEHERA H S, MOHANTY R, D NAYAK. A new proposed dynamic quantum with re-adjusted round robin scheduling algorithm and its performance analysis[J]. International Journal of Computer Applications, 2010, 5(5):10-15.
- [13]SADR S, ANPALAGAN A, RAAHEMIFAR K. Radio resource allocation algorithms for the downlink of multiuser OFDM communication systems[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2009, 11(3):92-106.
- [14]杜瑞,峰胡波,孙道盛.一种基于无线电通信的仓储系统设施智能化系统[J].自动化技术与应用,2025,45(8):140-145.
- [15]WANG C Y, WEI H Y, CHEN W T. Resource block allocation with carrier-aggregation: a strategy-proof auction design[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2016, 15(12):3142-3155.

(上接第132页)

- [6] GIRSHICK R, DONAHUE J, DARRELL T, et al. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation [C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Columbus: IEEE, 2014: 580-587.
- [7]薛健,赵琳,张浩,等.改进Faster R-CNN的交通标志检测算法[J].山东大学学报(工学版),2024,54(5):34-41.
- [8]SHAOQING R, KAIMING H, ROSS G, et al. Faster R-CNN: towards real-time object detection with region proposal networks[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(6):1137-1149.
- [9]高飞,朱正一,马龙华,等.基于Faster R-CNN的气体绝缘开关设备X光图像缺陷检测[J].自动化技术与应用,2026,45(1):58-62,73.

- [10]肖礼荣,肖齐,黄鑫.基于深度学习SSD的变电站设备故障视频识别[J].电子设计工程,2024,32(24):77-80,85.
- [11]蔡政达,陈跃,邱启源.基于深度学习的铁路异物检测综述[J].科技资讯,2024,22(19):24-26.
- [12]王敬启.改进YOLOv7-Tiny的电力现场作业安全装备实时检测算法[J].自动化技术与应用,2025,44(9):89-94.
- [13]段志伟,赵师震,闫浩.基于改进YOLOv8的火焰检测算法[J].自动化技术与应用,2025,44(10):84-89.
- [14]ZHOU Q, LI X, HE L, et al. TransVOD: end-to-end video object detection with spatial-temporal transformers[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2023, 45(6):7853-7869.
- [15]程德强,徐帅,吕晨,等.方向感知增强的轻量级自监督单目深度估计方法[J].电子与信息学报,2024,46(9):3683-3692.