

# 一种改进的基于业务类型的5G网络切片接入控制方法

## An Improved Service Type-Based 5G Network Slice Admission Control Algorithm

肖清华(华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310014)

Xiao Qinghua(Huaxin Consulting Co.,Ltd.,Hangzhou 310014,China)

### 摘要:

提出一种改进的基于业务类型的5G网络切片接入控制方法,首先将业务分为时延敏感性业务和非时延敏感型业务,评估切片剩余物理资源量,根据切片网络环境计算其信道容量,将其作为接入非时延敏感型业务的判定值,选择具备最大判定值的切片作为目标切片,将非时延敏感型业务直接置于目标切片承载传输队列的末尾。同时,将时延敏感型业务细分为未超时、超时长任务及超时短任务3种,差异化地测算其优先级,根据优先级对其进行接入控制。对于达到挨饿门限的超时业务,优先考虑接入。仿真结果表明,改进算法相比原算法在接入平均时延和业务总吞吐量方面的性能均有效提升。

### 关键词:

5G切片;时延;信道容量;优先级;接入控制

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.01.013

文章编号:1007-3043(2026)01-0060-04

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:

An improved service type-based 5G network slice admission control algorithm is put forward. Firstly, services are categorized into time delay-sensitive services and time delay-insensitive services. The remaining physical resource amount of the slice is assessed, and its channel capacity is calculated based on the slice's network environment. This channel capacity is regarded as the decision value for admitting time delay-insensitive services. The slice with the maximum decision value is selected as the target slice, and the time delay-insensitive services are directly placed at the end of the queue of the target slice. Furthermore, the time delay-sensitive services are subdivided into the untimed, time-out long tasks and time-out short tasks. Their priorities are calculated differentially, and their access controls are implemented based on these priorities. For overtime services that have reached the starvation threshold, priority should be given to their access. The simulation results show that the improved algorithm effectively enhances the performance in terms of average access delay and total service throughput compared to the original algorithm.

### Keywords:

5G network slice; Time delay; Channel capacity; Priority; Admission control

**引用格式:**肖清华. 一种改进的基于业务类型的5G网络切片接入控制方法[J]. 邮电设计技术, 2026(1):60-63.

## 1 概述

统一接入控制(Unified Access Control, UAC)<sup>[1]</sup>是5G系统中引入的特定控制功能,它将不同的接入类别

差异化地用于不同的切片进行处理。随着移动宽带无线接入技术的迅猛发展,大量终端通过竞争接入网络,从而引发严重的碰撞冲突。如何解决此类接入控制的问题,已经是一个迫在眉睫的问题。

文献[2]分析了将人工智能用于接入控制的可行性,并提出了一种基于Q学习的mMTC智能接入点的

收稿日期:2025-11-14

选择机制。但如何提高AI贴合mMTC业务的精度是一个问题。类似地,文献[3]利用MTC网关辅助传输的手段解决面向海量连接控制,但成本较高。文献[4]则对此加以改进,利用Q学习和蒙特卡罗的UCT算法为接入获取最优的资源分配,但瓶颈取决于学习的精度。在Q学习的基础上,文献[5]又解决了异构无线网络的接入算法,但同样面临类似的精度问题。文献[6]则基于博弈算法分析了密集部署下的异构资源分配与接入控制,但忽略了小小区基站数量比活动用户多的场景。此外,文献[7]分析了带内全双工无线网络MAC协议及性能,提出了一种应用于集中式无线网络的全双工媒体接入控制机制。但该机制基于三次握手,过程更复杂。文献[8]解决了非授权频段LAA系统与Wi-Fi共存时的接入控制,但并未研究多信道共用。

实际上,5G网络接入遇到最多的便是接入碰撞控制及资源分配<sup>[9-10]</sup>,其目的均在于以最小的成本提高接入成功率,以及降低接入冲突率。因此,如何以最小的代价来实现更优的接入控制是一个值得认真思考的问题。文献[11]通过将业务进行类型划分,进而选择相应的承载切片,较为简单地解决了接入控制的问题。但该方法没有考虑到实际切片所处的网络环境及负载,随着环境恶化,接入性能会严重恶化。此外,该方法也没有考虑到业务时间的长短,有失接入的公平性。因此,在此基础上,本文提出一种改进的基于业务类型的5G切片接入控制方法(Improved Business Type-Based 5G Network Slice Admission Control algorithm, IBT-NSAC),从评估切片网络质量入手,测算出接入非时延敏感型业务的切片判定标准值;将时延敏感型业务区分为未超时、超时长业务和超时短业务3种,按优先级实施接入控制,并对达到挨饿门限的业务重新赋予最高优先级实施动态调整。

## 2 IBT-NSAC模型

### 2.1 网络结构

为叙述方便,假设存有 $m$ 个网络切片 $SEC=\{Sec_1, Sec_2, \dots, Sec_m\}$ ,其中网络切片 $Sec_i(i \in [1, m])$ 的当前信噪比为 $SNR_i$ (dB),具备物理资源块总数 $NRB_i$ ;切片 $Sec_i$ 内已存有 $n_i$ 个业务 $SRV_i = \{Srv_{i_1}, Srv_{i_2}, \dots, Srv_{i_{n_i}}\}$ ,对于任意业务 $Srv_{i_j}, j \in [1, n_i]$ ,将其业务长度设定为 $Dln_{i_j}$ (ms),当前的等待时延设定为 $Dly_{i_j}$ (ms),时延容忍

设定为 $Dlt_{i_j}$ (ms),已服务时间设定为 $Dsv_{i_j}$ (ms),占有物理资源块数量为 $Nrb_{i_j}$ 。

### 2.2 计算切片的剩余资源块量

将任意各切片 $Sec_i(i \in [1, m])$ 和信噪比 $SNR_i$ 转为十进制值:

$$TSNR_i = \text{power}(10, SNR_i/10) \quad (1)$$

其中,  $\text{power}(\cdot)$ 表示幂函数。

计算所有切片十进制信噪比的和值:

$$\widehat{TSNR} = \sum_{i=1}^m TSNR_i \quad (2)$$

计算任意切片 $Sec_i$ 的十进制信噪比分值:

$$\widetilde{TSNR}_i = \frac{TSNR_i}{\widehat{TSNR}} \quad (3)$$

计算任意切片 $Sec_i$ 内所有业务占有的物理资源块总量:

$$\widehat{NRB}_i = \sum_{j=1}^{n_i} Nrb_{i_j} \quad (4)$$

计算切片 $Sec_i$ 内的剩余物理资源块量:

$$SNRB_i = NRB_i - \widehat{NRB}_i \quad (5)$$

### 2.3 接入非时延敏感型业务

直接根据切片质量和资源总量对非时延敏感型业务的接入进行判定,首先计算任意切片 $Sec_i$ 十进制信噪比的准值:

$$SR_i = \exp\left(\widetilde{TSNR}_i / \widehat{TSNR}\right) \quad (6)$$

其中,  $\exp(\cdot)$ 表示以自然常数为底的指数函数。

然后,计算非时延敏感型业务接入的判定值:

$$Vtr_i = SNRB_i \times SR_i \quad (7)$$

选择具备最大该判定值的切片作为非时延敏感型业务接入的目标切片,并将新业务置于目标切片承载传输队列的末尾。

### 2.4 接入时延敏感型业务

对于任意切片 $Sec_i$ ,计算其内所有业务的超时长:

$$Ovt_{i_j} = \max(Dly_{i_j} - Dlt_{i_j}, 0)(\text{ms}) \quad (8)$$

其中,  $\max(\cdot)$ 表示最大值函数。

计算切片 $Sec_i$ 的超时总长:

$$Ovs_i = \sum_{j=1}^{n_i} Ovt_{i_j}(\text{ms}) \quad (9)$$

选取具备最小 $Ovs_i$ 的切片作为时延敏感型业务接入的目标切片,置于目标切片承载传输队列的末尾。

时延敏感型业务的接入需要考虑其对时延的需

求,其时延的变化又与其业务长度强相关,故将时延敏感型业务分为未超时、超时长业务和超时短业务等3种。

a) 未超时情形。对于时延敏感型业务所处的目标切片  $Sec_i$  中的所有未超时业务  $Srv_{k_i}$ ,  $k \in [1, n_i]$ , 计算其相应的优先级:

$$Pri_{k_i} = Dly_{k_i} / (Dly_{k_i} + Dsv_{k_i}) \quad (10)$$

取其最大值:

$$Pri_{mx} = \max(\forall Pri_{k_i}) \quad (11)$$

其中,符号  $\forall$  表示对于所有的未超时业务。

将当前到达的新业务划归至未超时业务,并生成其优先级:

$$Pri_{new} = 1 \quad (12)$$

b) 超时长业务。先设定时长门限参数  $Dln_{th}$  (ms); 将目标切片  $Sec_i$  中满足以下条件的业务定义为长业务:

$$Dln_{k_i} \geq Dln_{th} \quad (13)$$

对于  $Sec_i$  中所有的超时长业务,计算其相应的优先级:

$$Pro_{k_i} = Pri_{mx} + \frac{Dly_{k_i} - Dlt_{k_i}}{Dln_{k_i} - Dsv_{k_i}} \quad (14)$$

c) 超时短业务。将目标切片  $Sec_i$  中满足以下条件的业务定义为短业务:

$$Dln_{k_i} < Dln_{th} \quad (15)$$

计算所有超时短业务的优先级:

$$Prs_{k_i} = Pri_{mx} + \frac{Dly_{k_i} - Dlt_{k_i}}{Dln_{k_i}} \quad (16)$$

计算完目标切片中所有业务的优先级后,将按优先级  $\{Pri_{k_i}, Pri_{new}, Pro_{k_i}, Prs_{k_i}\}$  进行降序排列,并先后实施接入。

## 2.5 挨饿业务优先

先设定挨饿门限  $Hnt_{th}$  (ms),将目标切片  $Sec_i$  中等待时延满足以下条件的所有业务称之为挨饿业务:

$$Dly_{k_i} \geq Hnt_{th} \quad (17)$$

重置所有挨饿业务的优先级:

$$Prh_{k_i} = \max(Pri_{k_i}, Pri_{new}, Pro_{k_i}, Prs_{k_i}) \quad (18)$$

对所有业务按调整后的优先级进行重新实施接入。

## 3 仿真

### 3.1 仿真环境

本文采用 Matlab 工具对 IBT-NSAC (简称本算法)

和 CN202211365786.8<sup>[11]</sup> (简称原算法) 进行对比仿真,网络具体参数如表1所示。取  $m=3$ , 3个切片及其内切片信息如表2所示。

表1 仿真参数

项目	数据
工作频率/GHz	2.6
工作带宽/MHz	100
小区RB总数	273
长门限参数 $Dln_{th}$ /ms	200
挨饿门限 $Hnt_{th}$ /ms	100

表2 各切片业务信息

切片及业务	等待时延/ms	时延容忍/ms	服务时间/ms	业务时长/ms	RB数	信噪比/dB	RB总数	
Sec1	Srv(1,1)	80	100	120	300	4	0	40
	Srv(1,2)	310	300	180	300	5		
	Srv(1,3)	9	10	8	60	7		
	Srv(1,4)	35	30	30	100	9		
Sec2	Srv(2,1)	80	100	150	300	3	-1	50
	Srv(2,2)	250	200	200	800	7		
Sec3	Srv(3,1)	80	100	100	400	2	0.8	25
	Srv(3,2)	60	80	70	180	4		
	Srv(3,3)	120	100	10	300	3		

## 3.2 仿真结果与分析

### 3.2.1 接入平均时延对比分析

将 IBT-NSAC 与 CN202211365786.8 算法一同应用于拟定的仿真网络,接入相应的负载业务,针对不同的接入业务数量,对相应的接入平均时延进行测算。仿真结果如图1所示。

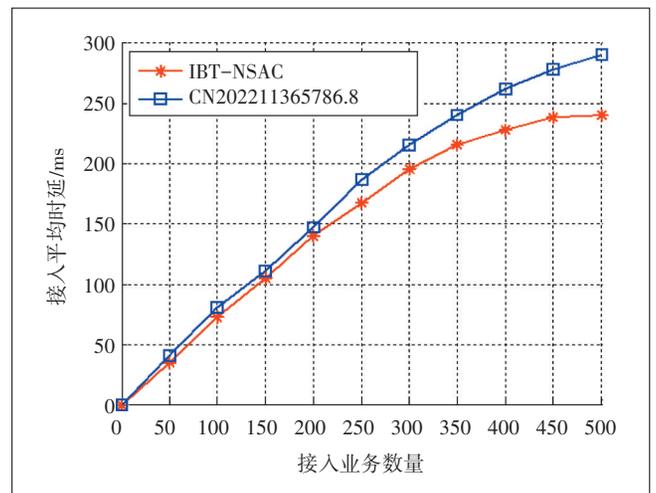


图1 单基站关断情况下2个算法接入平均时延对比

2个算法共同的操作是会将时延敏感型业务接入至时延型切片中,以满足该类业务的时延要求;因此,在仿真开始阶段,切片负荷较低,业务碰撞的可能性较小,切片的接入时延不相上下。但随着接入业务数量的增加,切片链路越来越拥堵,2个算法的接入时延均在递增。所不同的是,IBT-NSAC算法会根据业务是否超时,以及在超时状态下根据业务长度继续细分,从而有效降低业务时延;此外,IBT-NSAC算法也存在挨饿补偿机制,对达到挨饿门限的时延敏感型业务可以快速提升其接入控制优先级,反映在时延曲线上,IBT-NSAC算法性能总体优于CN202211365786.8算法。

### 3.2.2 接入业务吞吐量对比分析

类似地,对不同业务接入状态下的切片吞吐量进行模拟,结果如图2所示。

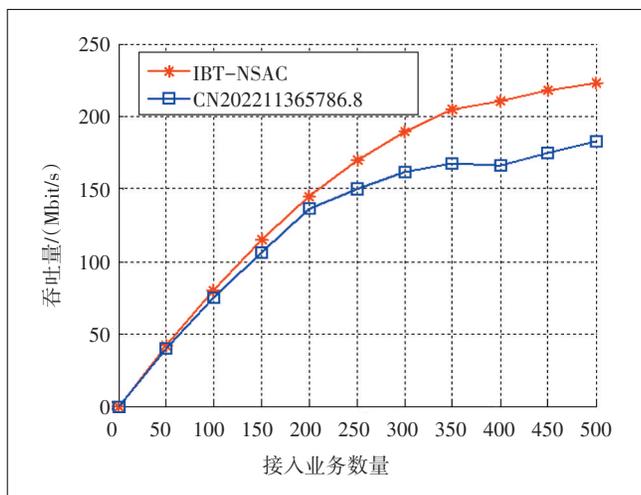


图2 基站簇关断仿真

接入吞吐量反映了切片带宽性能,CN202211365786.8算法对吞吐敏感型的业务只是简单地根据传输队列内单位业务量所消耗的物理资源数量来进行控制,并没有根据具体问题进行具体分析;而IBT-NSAC算法针对吞吐敏感型业务会采取以下几种方式:其一,接入总体超时最短的目标切片,未超时业务正常接入;其二,对于超时的短业务会根据业务长度酌情提升其优先级,而对于超时的长业务则会进一步考虑其服务时长,以满足其吞吐指标要求;反映在曲线上,IBT-NSAC算法的吞吐量性能明显优于CN202211365786.8方法。而且,随着业务接入数量的增加,后者吞吐抖动的幅度也高于前者,不利于提升客户感知,也会降低切片网络的鲁棒性。

## 4 结语

5G接入控制对于超密集网络及mMTC的海量类机器通信有着重要的意义,也日益成为国内外学者研究的重点。本文通过对业务进行差异化区分,从而动态地根据优先级实施接入,能够一定程度上规避接入碰撞。仿真结果表明,本算法比原算法有着更有效的时延控制和更强的算法性能,应用场景也更宽泛。未来,作者也有志于在此基础上借助AI算法来实现算法的接入动态控制,在异构网络中实现更简单高效的资源分配,最大程度上解决海量接入的竞争性抢占问题。

### 参考文献:

- [1] 陈发堂,张云,张欢. 基于流量预测的随机接入控制方法[J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(3): 645-649.
- [2] 曹蔚,冯钢,秦爽,等. 面向海量机器类通信(mMTC)的无线接入控制[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2017, 29(5): 569-579.
- [3] 徐露. 面向海量连接的机器类终端接入技术研究[D]. 重庆:重庆大学, 2018.
- [4] 梁哲文. 面向巨连接的无线接入控制和资源分配[D]. 成都:电子科技大学, 2017.
- [5] 王铎. 异构无线网络接入管理技术研究[D]. 成都:电子科技大学, 2020.
- [6] 陈莉佳. 密集部署下的异构网络资源分配与接入控制研究[D]. 保定:华北电子大学, 2018.
- [7] 左海维. 带内全双工无线网络MAC协议及性能分析[D]. 徐州:中国矿业大学, 2017.
- [8] 胡怡. 非授权频段LAA系统和Wi-Fi系统共存性能分析与接入控制方案设计[D]. 成都:西南交通大学, 2018.
- [9] 巩晓迪,王伟,朱晓荣. 超密集网络中基于有效容量的接入控制算法[J]. 光通信研究, 2018(3): 55-58.
- [10] 严牧. 无线网络智能接入控制与调度机制研究[D]. 成都:电子科技大学, 2020.
- [11] 李新,彭雄根,乔爱锋,等. 一种基于业务类型的5G网络切片控制方法:CN202211365786.8[P]. 2022-10-31.

### 作者简介:

肖清华,毕业于浙江大学,华信咨询设计研究院有限公司网研院副院长,教授级高级工程师,博士,主要从事无线网络规划与设计相关工作。

