

# 基于意图驱动的 无线网自智优化研究与实践

## Research and Practice on Intent Driven Self Intelligent Optimization of Wireless Network

叶勇(中国联通广东分公司,广东广州 510627)

Ye Yong(China Unicom Guangdong Branch, Guangzhou 510627, China)

### 摘要:

分析了意图驱动自智网络的优势,研究了自智网络在无线接入网络优化领域的应用前景,介绍了基于用户移动意图的天线自适应波束调整以及基于意图驱动的业务差异化体验保障2种自智网络实践案例,提升了用户体验和网络优化效率,为意图驱动自智网络新模式在无线网优领域的应用做出积极探索。

### 关键词:

意图驱动;自智网络;5G;无线接入网络;网络优化  
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2024.05.001  
文章编号:1007-3043(2024)05-0001-07  
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:

It reviews the advantages of IDN, discusses the application prospects of autonomous networks in the field of radio access network optimization, and introduces two autonomous network cases, namely antenna adaptive beam adjustment based on user movement intent and service differentiated experience assurance driven by intent. Autonomous networks have greatly improved the efficiency of network optimization, which actively explores a new model of intent driven autonomous networks in the field of wireless network optimization.

### Keywords:

IDN; Autonomous network; 5G; Wireless access network; Network optimization

引用格式:叶勇. 基于意图驱动的无线网自智优化研究与实践[J]. 邮电设计技术, 2024(5): 1-7.

## 1 概述

随着5G的蓬勃发展,5G数据业务需要满足千行百业的用户多样化的应用场景需求<sup>[1]</sup>,同时随着网络制式和频段的演进,网络规模成倍增长,网络管理难度和管理成本都在升高,对用户差异化业务需求的保障难度愈发加大。5G业务需要进一步发展智能化及自动化网络管理新模式。为此,TMF(TeleManagement forum)在2019年提出了自智网络的概念<sup>[2]</sup>,通过使用人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术,使网络

实现自动化、智能化管理,营造多元化服务的环境,为垂直行业和消费者提供更优质的客户体验<sup>[3-4]</sup>。

意图驱动作为自智网络的基础,在2015年由IETF提出,即在所谓的意图模式中,智能软件将决定如何把意图转化为针对特定基础设施的配置手段,从而使网络以期望的方式运行<sup>[5-6]</sup>。意图驱动网络主要通过意图识别、意图转译和策略配置技术,将业务策略转化为必要的网络配置并验证其准确性。同时,意图驱动网络注重自动化网络实施以及网络状态感知,在未达到用户预期情况下实时进行自动优化及补救<sup>[7]</sup>。意图驱动的网络流程如图1所示,这种方式不仅能够实现智能简化的网络管理目标,同时可以提高用户对网

收稿日期:2024-03-07

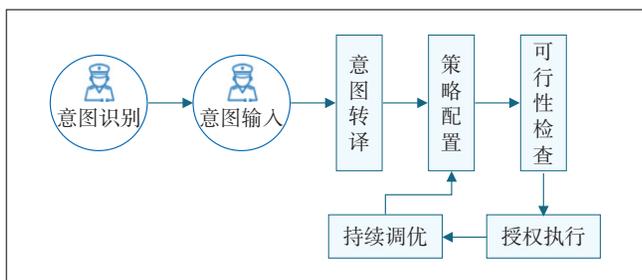


图1 意图驱动自智网络流程

络的使用体验。

虽然AI展现出无需人工干预、智能维护网络环境的巨大潜力<sup>[8-9]</sup>,但目前针对意图驱动的自智网络的相关研究主要集中在核心网<sup>[10]</sup>,基于无线接入的自智网络的研究仍处于起步阶段<sup>[11]</sup>。无线网络的时变动态特性能够提供充足的数据样本,为AI模型的计算奠定基础<sup>[12]</sup>。将自智网络应用至无线网络有三大优势:一是精准识别不同终端用户的需求(例如移动需求、业务需求),提供差异化服务;二是实时感知网络状况(例如性能指标、感知指标),保障用户体验;三是网络性能预测及风险评估,降低网络维护成本。本文介绍了基于用户移动意图的天线自适应波束调整以及基于意图驱动的业务差异化体验保障2种自智网络应用案例,为意图驱动自智网络新模式在无线网优领域的应用做出积极探索。

## 2 无线网自智优化架构

无线网自智优化架构主要包含优化意图转译、劣化识别、问题定位、方案生成、优化方案评估决策、优化方案实施、效果验证、数据采集8个原子任务,这8项任务可以与无线接入网运营管理通用流程的意图管理、感知、分析、决策和执行五大任务进行映射。无线网络优化活动与自智优化流程映射如图2所示。

a) 意图管理类任务主要映射优化意图翻译原子

任务。将用户的意图转译为网络或业务保障需求(例如网络性能要求、网络质量要求等),用于确定网络数据采集、分析和制定网络调整策略。

b) 感知类任务主要映射数据采集和效果验证这2个原子任务,对优化方案实施前后与用户意图紧密相关的网络状态数据和用户感知指标进行采集,并对策略执行结果进行采集验证比对。

c) 分析类任务主要映射劣化识别、问题定位和方案生成这3个原子任务。劣化识别是指对网络运行数据及外部时空数据进行监测和分析,及时发现影响用户体验的问题,对问题进行精准定位,生成优化方案。

d) 决策类任务主要映射优化方案评估决策原子任务。主要对优化调整方案进行综合评估并给出最优方案。

e) 执行类任务主要映射优化方案实施原子任务。按照评估决策后的最优方案自动将优化后的参数配置下发到网络,执行调优工作。

## 3 基于意图驱动的无线网络自智优化实践

### 3.1 基于用户移动意图的天线自适应波束调整

以某省为例,该省工业区超过15 000个,中大型商圈超过3 000个,高校超过200所,潮汐场景众多,例如高校场景,用户白天在教学区居多,晚上在宿舍区居多,用户具备明显的规律性迁移特征,潮汐效应明显,此类场景很难通过常规的优化手段进行覆盖优化,引入基于用户意图驱动的自智优化能弥补现场优化工作中人工执行调整的不足。

Massive MIMO技术是多天线演进的一种高端形态,是5G网络的关键技术之一<sup>[13-14]</sup>。该技术通过集成更多的射频通道和天线实现三维精确波束赋形和多流多用户复用,从而达到比传统技术方案更好的覆盖和更大的容量。相比4G Massive MIMO,5G Massive MIMO的广播波束组合由200多种扩大至上千种,不同

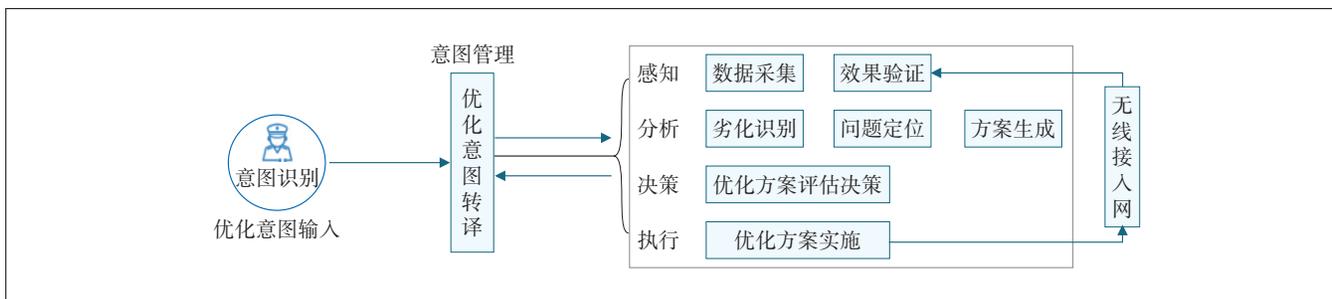


图2 无线网络优化活动与自智优化流程映射

类型的AAU pattern的可调范围存在差异。Massive MIMO复杂的广播波束组合如果完全依靠人工,按照场景手动进行配置以及调整,很难保证调整结果最优,且在大规模部署Massive MIMO的场景下,优化人员调整工作量巨大,人工完成难度大。

通过无线网络数据分析,现网中存在具有潮汐特征的场景,如高校、商圈、居民楼等。通过引入基于Massive MIMO的天线自适应波束调整(Antenna Adaptive Pattern Change, AAPC)的分时权值意图驱动方法,通过AI聚类算法,实现潮汐时段的自动识别和权值计算,根据计算结果自动调整天线波束,实现在潮汐场景下做到“网随业动”。

分时权值为动态权值方案的一种,可以实现用户分布位置更高的匹配度,从而获取到更高业务量增益<sup>[15]</sup>。在非分时权值动态调整的情况下,权值调整方向是用户在天粒度内分布最多的位置,而潮汐场景方案中的分时权值可以实现小时级的权值调整,与用户位置的特征紧密匹配,从而获得更好的用户体验。

具体的实现方法如下:通过AI聚类算法对用户分布特征的相似性进行识别,2个相邻时段用户分布位置类似,即可分为一个潮汐时段。对相邻2个时段的DOA(Direction Of Arrival)分布,基于AI聚类算法判断DOA分布的相似性。潮汐聚类算法示意如图3所示。基于聚类的结果,实现潮汐时段的自动划分,全天进行小时级的关联度计算。关联度越高,说明用户分布越相似,关联度低的时间点表示用户分布位置发生了变化,低关联度时间点即为潮汐时间段的分割点。

AAPC自智优化策略创建任务识别潮汐小区后,会自动收集潮汐小区的周边邻区组成一个潮汐簇,非潮汐小区且非潮汐小区的紧密邻区会自动剔除,策略任务可实现自动化流程处理。同时AAPC自智优化策略实现小时级的潮汐簇更新,配置精准的潮汐时段,生成对应时段的潮汐权值。自智优化策略任务进行

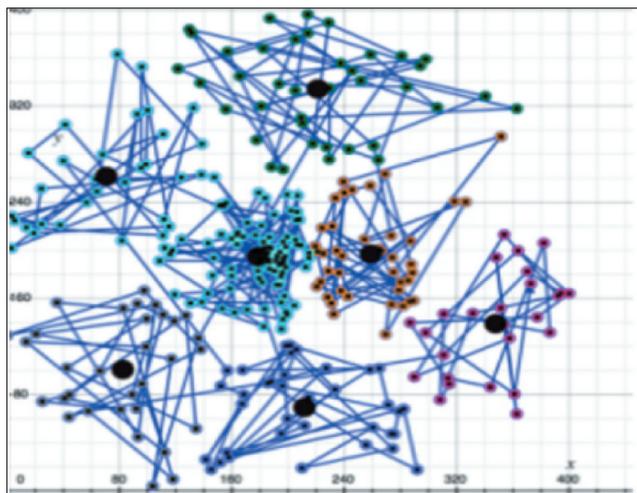


图3 潮汐聚类算法

潮汐权值参数设置,在不影响无线接通率、掉线率、系统内切换成功率、CQI(channel quality indicator)优良率的前提下,提升潮汐时段5G用户覆盖和容量,提升用户感知,同时提升用户5G流量。基于用户移动意图的天线自适应波束调整自智网络的具体流程如图4所示。

### 3.2 基于意图驱动的业务差异化体验保障

2024年1月,某省联通的视频流量占比接近50%,成为流量占比最大的业务,远超其他业务(如网页浏览、文件传输、即时通信),其中短视频业务流量,如抖音、快手等占视频流量的65%以上。同时,直播作为视频业务的子类,是一个新兴的消费场景,该省的直播业务发展迅猛,直播电商规模在全国领先,注册主播人数多达22.5万;据统计,该省联通直播用户超过106万,用户群体巨大。如何保障好短视频业务和直播业务的用户体验,是当前面临的一个巨大挑战。

通过分析用户的意图,准确识别用户使用的业务(如短视频、上行直播),实时监控并高效分配网络资源,为对应的业务提供特定业务质量(例如空口时延

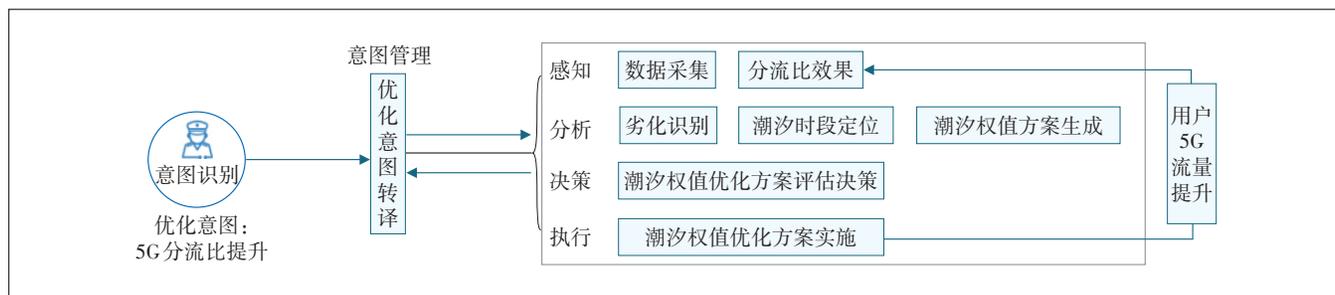


图4 基于用户移动意图的天线自适应波束调整自智网络工作流程

满足度、上行速率满足度)的智能化体验保障。

“意图驱动的业务差异化体验保障”功能通过深度学习、智能化调度算法等人工智能技术分析大量业务数据,建立业务分类与质量评估模型。在5G网络环境下,该功能可以动态感知业务的类别及其网络资源需求,然后通过智能化调度算法和优先级等技术对特定业务进行高效的资源分配,实现用户业务需求的差异化保障。

当前主要通过以下3个方式识别业务。

a) 特征匹配,通过端口识别、报文特征字等识别

爱奇艺、腾讯视频业务。

b) 加密应用指纹识别,基于TLS(Transport Layer Security)指纹识别技术,识别无明显特征的加密流量,如HTTPS(HyperText Transport Protocol Secure)。

c) 基于流量行为分析,多包关联、多流分析、报文长度、传输方向、到达时间、包传输间隔等(见图5)。

根据用户意图,主动识别用户使用的业务,针对业务进行差异化体验保障,实时调度资源,确保用户的业务体验(见图6)。

### 3.2.1 针对短视频的差异化体验保障



图5 基于意图驱动的业务识别方式

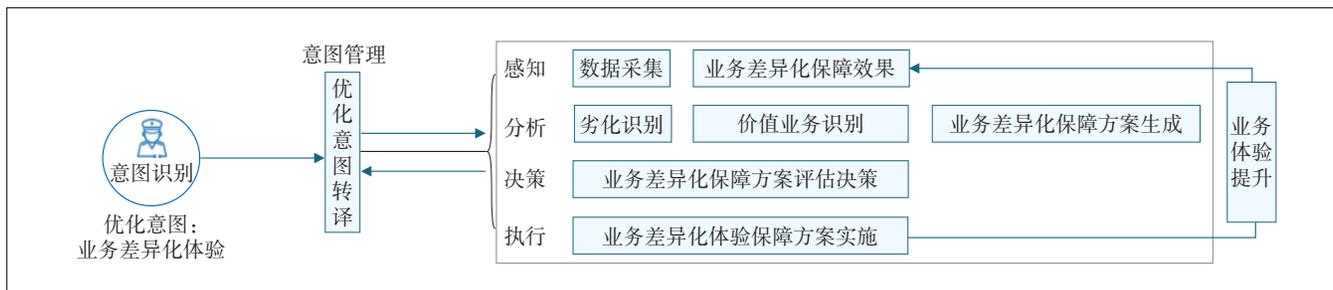


图6 基于意图驱动的业务差异化体验自智优化工作流程

针对短视频业务(如抖音、快手、火山APP)开展业务差异化体验保障,降低空口时延,提升1080P占比,从而达到提升用户感知的优化意图,分为如下3个步骤。

步骤1:业务识别。通过特征识别、流识别,分析出APP业务大类以及业务子类,流程如图7所示。

步骤2:基于业务的自适应时延调度。通过下行时延自适应调度、上行预调度、DRX(discontinuous reception)自适应、多频时延调度等方式实时调度优化(见图8)。

步骤3:短视频质差闭环保障。通过短视频时延精准评估,当空口时延小于设定门限时,则认为短视

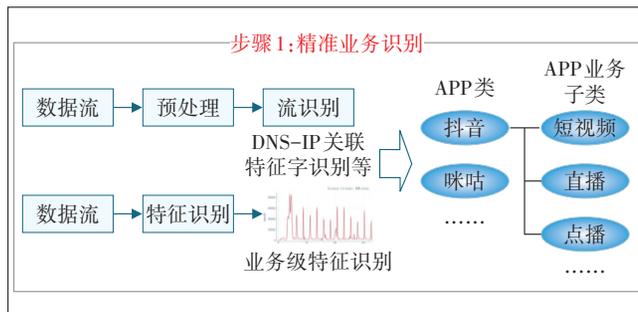


图7 业务识别流程

频的空口时延满足要求,不需要执行质差分析与优化任务,反之,则自动执行质差分析与优化调整策略(见图9)。

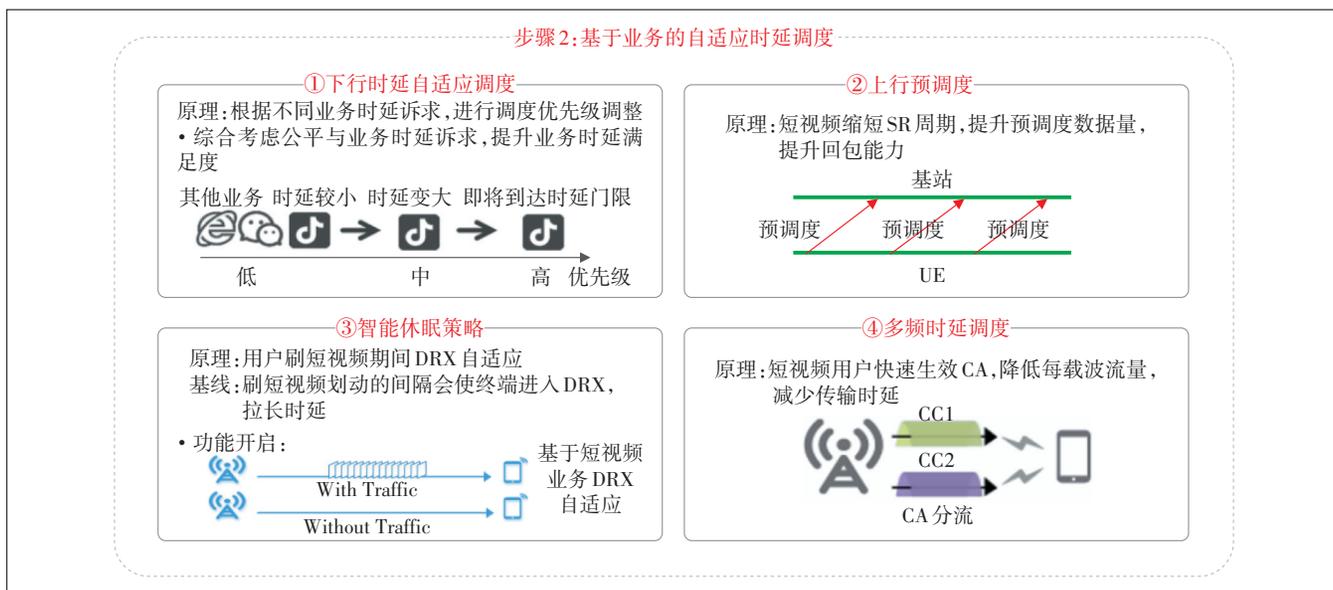


图8 短视频的自适应时延调度优化方式

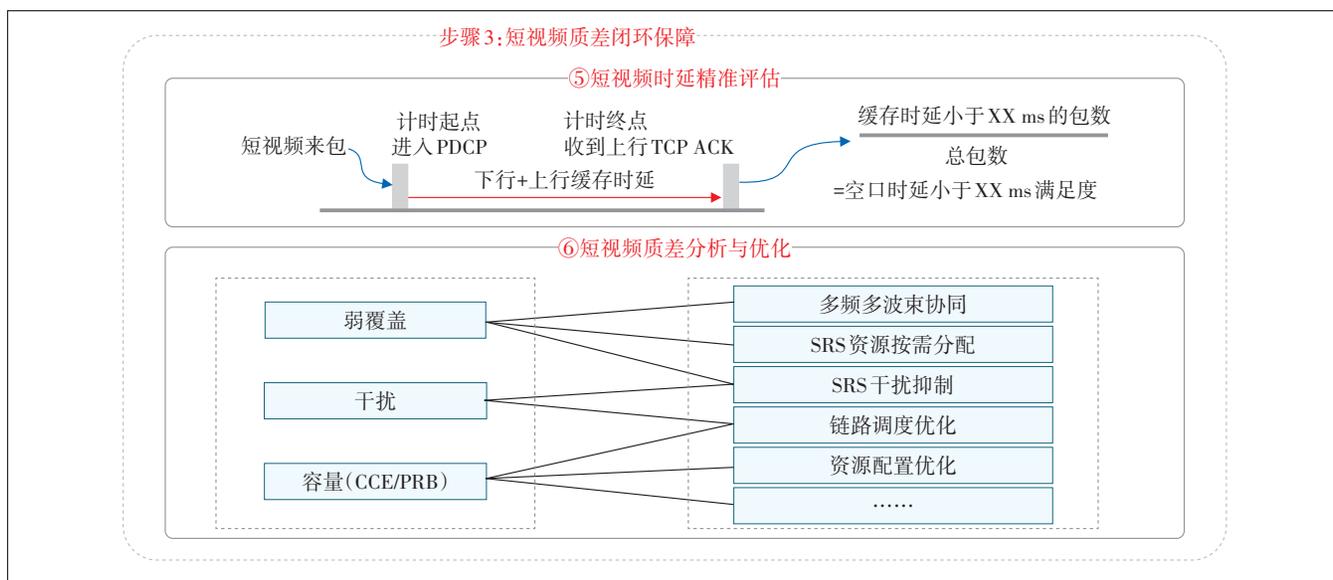


图9 短视频质差闭环保障

### 3.2.2 针对上行直播的差异化体验保障

针对上行直播业务(如抖音、虎牙、快手APP)开展业务差异化体验保障, 根据需求速率对不同业务优先级排序, 并且给直播业务实时提供超车保障路线, 提升直播的高清占比以及流畅度, 分为如下3个步骤。

**步骤1: 业务识别。**通过特征识别、流识别分析出APP业务大类以及业务子类, 流程如图7所示。

**步骤2: 基于业务的智能排序优化。**传统的核心网业务切片重度依赖5QI(5G QoS Identifier), 调优周期长, 手段单一, 本方案不依赖5QI, 可根据用户业务

需求速率对不同业务优先级排序, 并且给直播业务实时提供超车保障路线(见图10)。

**步骤3: 直播用户问题根因自动定位,**直播用户保障参数自动寻优, 保障直播用户的上行速率, 同时减少对非直播用户的影响(见图11)。

## 4 实践效果

### 4.1 基于用户移动意图的天线自适应波束调整

高校、商圈、工业区、居民区等场景的潮汐特征比较明显, 本实践案例在某市选择业务量较高的某商

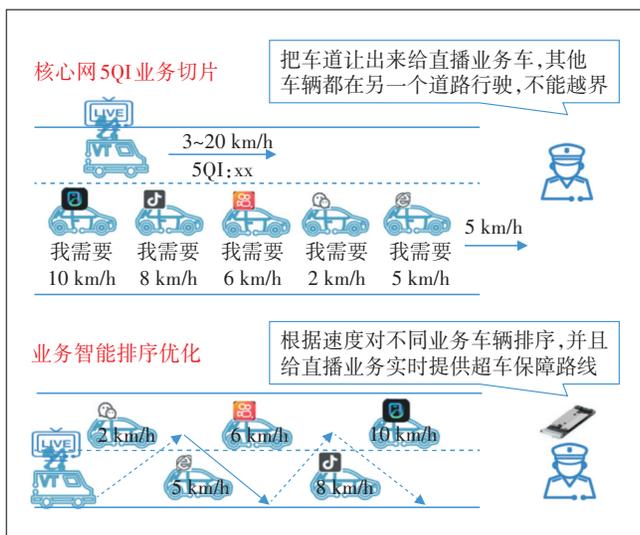


图10 上行直播业务智能优先级排序优化

圈、某学院、某公馆和某城中村区域,总共涉及20个站点59个小区。具体站点小区分布如图12所示。

使用自智网络优化策略后,潮汐小区平均用户数增加215,增长21.3%,5G日均流量由2 723 GB增加到2 903 GB,增加了6.6%,5G驻留比提升2.3个百分点,5G分流比提升1.1个百分点,指标变化情况如表1所示。无线接通率、掉线率、系统内切换成功率、CQI优良率等其他KPI指标保持稳定。

#### 4.2 基于意图驱动的业务差异化体验提升

##### 4.2.1 针对短视频的用户体验提升

根据2023年12月份的数据统计,居民区、商场等场景的短视频业务占比超过55%,远高于大网48%的占比。本次短视频体验保障实践选择在居民区、商场混合场景,总共涉及36个小区。

方案部署后,自动识别区域内的短视频业务,通

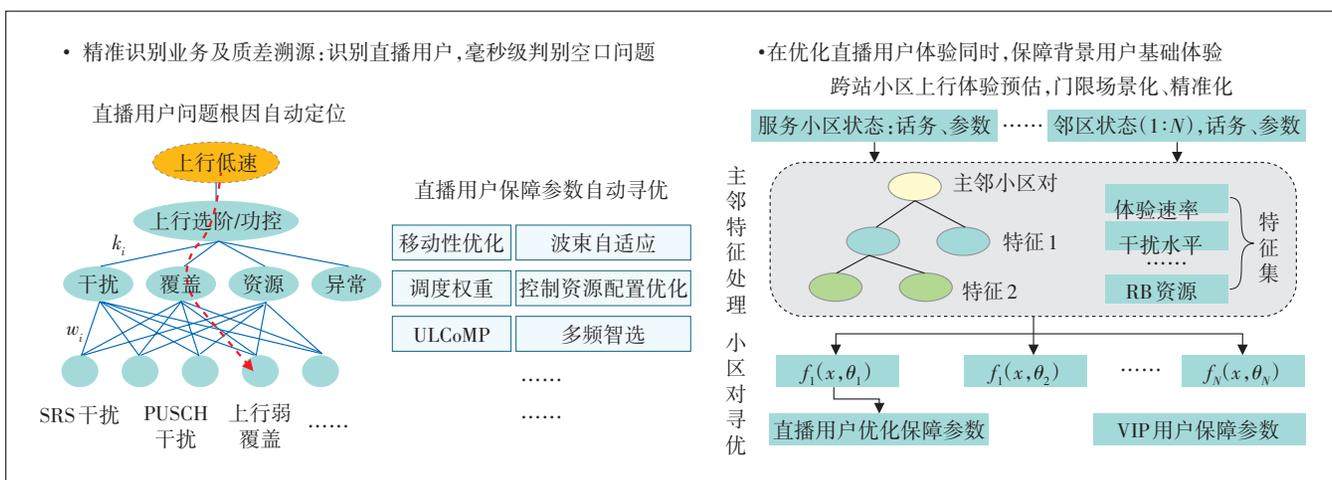


图11 上行直播业务智能优化过程

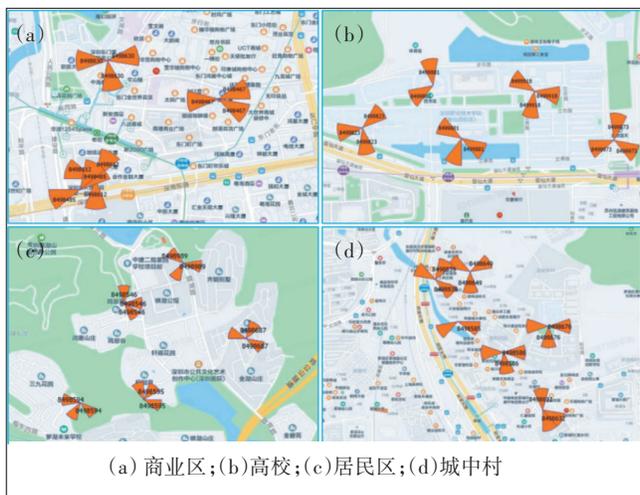


图12 试点区域小区分布示意

表1 试点小区指标变化情况

日期	平均RRC连接用户数/个	5G日均流量/GB	5G驻留比/%	5G分流比/%
实施前平均	1 008	2 723	80.4	58.2
实施后平均	1 223	2 903	82.7	59.3
变化情况	提升21.3%	增加6.6%	提升2.3个百分点	提升1.1个百分点

过短视频时延精准评估,开展基于业务的自适应时延调度,优化空口时延。试点区域内5G日均流量提升6.1%,RTT(round-trip time)时延降低41.5%,1080P视频占比提高12.2个百分点(见表2)。

##### 4.2.2 针对上行直播的用户体验提升

根据2023年12月份的数据统计,某省联通在电

表2 试点区域指标变化情况

日期	5G日均流量/GB	RTT时延/ms	1080P视频占比/%
保障前平均	4 933	50.13	63.2
保障后平均	5 234	29.32	75.4
变化情况	提升6.1%	降低41.5%	提升12.2个百分点

商园区的5G直播用户占比超过35%，直播用户群体的比例远高于其他场景。本次上行直播体验保障实践选择在电商园区场景，总共涉及11个小区。

方案部署后，自动识别区域内的上行直播业务，对直播业务优化调度，开展直播用户保障参数自动寻优，提升直播用户上行体验速率。直播用户上行体验速率稳定在3 Mbit/s以上(见图13)；直播用户上行体验速率提升2.1 Mbit/s，直播1080P占比提升14.5个百分点(见表3)。

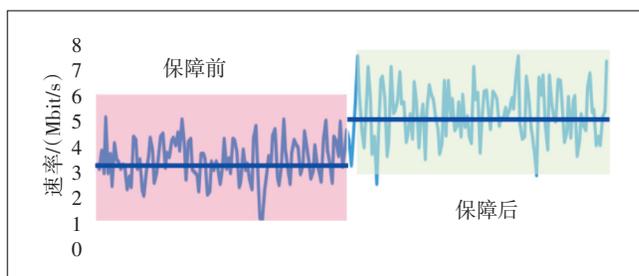


图13 直播用户上行体验速率变化统计

表3 试点区域指标变化情况

时间	直播用户平均上行体验速率/(Mbit/s)	直播1080P占比/%
保障前平均	2.8	59.6
保障后平均	4.9	73.1
变化情况	提升2.1	提升14.5个百分点

## 5 结束语

面对日益多样化的业务需求、复杂的网络结构及不断增长的网络规模给运营管理带来的挑战，创新性地将意图驱动的自智优化应用于无线网络优化领域中。通过大数据、AI等技术对潮汐特征场景分时段自动化进行天线波束调整，以及用户业务多元化体验保障中，达到5G无线网络性能指标提升、用户体验提升的目的，为意图驱动自智优化新模式在无线网优领域的应用做出积极探索，旨在为业界无线网络自智优化提供新的研究思路。在未来的优化工作中，仍需不断开辟基于意图驱动的无线网自智优化新的应用场景，为用户提供更灵活、智慧、高效的服务。

## 参考文献：

- [1] 张平, 张建华, 戚琦, 等. Ubiquitous-X: 构建未来 6G 网络[J]. 中国科学: 信息科学, 2020, 50(6): 913-930.
- [2] BOASMAN-PATEL A R E, SUN D, WANG Y, et al. Autonomous networks: empowering digital transformation for telecoms industry[R/OL]. [2024-01-11]. <https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2019/05/22553-Autonomous-Networks-whitepaper.pdf>.
- [3] 周洋程, 闫实, 彭木根. 意图驱动的6G无线接入网络[J]. 物联网学报, 2020, 4(1): 72-79.
- [4] 潘思宇, 张云勇, 张溶芳, 等. 5G时代, 人工智能为运营商赋能[J]. 电信科学, 2019, 35(4): 95-102.
- [5] 李福亮, 范广宇, 王兴伟, 等. 基于意图的网络研究综述[J]. 软件学报, 2020, 31(8): 2574-2587.
- [6] 吴德春. 面向意图驱动网络的意图转译和智能优化研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2022.
- [7] Gartner. Innovation insight: Intent-based networking systems[R/OL]. [2024-01-11]. <https://www.gartner.com/en/documents/3599617>.
- [8] SUN Y H, PENG M G, ZHOU Y C, et al. Application of machine learning in wireless networks: key techniques and open issues[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2019, 21(4): 3072-3108.
- [9] 徐仕成. 基于自智网络的5G业务质量端到端分析方案研究与实践[J]. 电信科学, 2024, 40(1): 162-170.
- [10] Open Networking Foundation. Intent NBI-Definition and Principles[R/OL]. [2024-01-11]. [https://opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/TR-523\\_Intent\\_Definition\\_Principles.pdf](https://opennetworking.org/wp-content/uploads/2014/10/TR-523_Intent_Definition_Principles.pdf).
- [11] 赵亚军, 郁光辉, 徐汉青. 6G移动通信网络: 愿景、挑战与关键技术[J]. 中国科学: 信息科学, 2019, 49(8): 963-987.
- [12] 章广梅. 基于AI的无线网络感知技术研究综述[J]. 电讯技术, 2022, 62(5): 686-694.
- [13] 张猛, 金基宇, 金桂月, 等. 面向5G的Massive MIMO技术[J]. 大连工业大学学报, 2019, 38(5): 378-385.
- [14] LU L, LI G Y, SWINDLEHURST A L, et al. An overview of massive MIMO: benefits and challenges[J]. IEEE journal of selected topics in signal processing, 2014, 8(5): 742-758.
- [15] 黄河清, 姚道远, 沈杰, 等. 一种基于多权值优化的无线传感网分簇算法的研究[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(6): 1489-1492.

### 作者简介：

叶勇, 毕业于北京邮电大学, 硕士, 主要从事无线网络新技术研究、无线网络优化、网络运营数字化转型等研究工作。

