

[接入网]

基于5G接入网络架构的接入网传输承载方法设计

文/吴彤彤
广东省城乡规划设计研究院科技集团股份有限公司

针对现有的承载方法设计5G接入网络架构，引入边缘计算，通过本地化分流减小小时延。计算不同范围流量场景的接入环带宽，组建回传网络。运用网络切片在终端分离出很多虚拟的端到端接入网。将网络资源进行虚拟化，并将其划分为多个独立的切片。通过动态网络资源切片，将良性的网络流量分配到对应切片上，对资源进行合理分配和调度，以达到接入网传输承载优化。实验结果表明，TCP流数均在99 120~99 150之间，更贴近实际网络中的情况；实验组的丢包率在0~2%之间，为三个小组的最低丢包率。显著提升了网络带宽利用率，满足接入网传输承载的需求。

随着现代化社会的飞速发展，用户对通信服务的需求日益多元化和个性化，这对接入网的传输承载能力提出了更高的要求。设计一种高效的接入网传输承载方法，能够兼顾网络的稳定性，支持更多类型的终端设备和业务场景，实现更加智能化的网络管理和服。对网络拓扑结构进行合理规划，确保数据传输的畅通无阻。其次，需要采用先进的技术及网络协议，以提升数据传输的效率和可靠性。此外，还需要关注网络安全问题，采取有效的加密和认证措施，保障用户数据的安全性和隐私性打造一个更加高效的通信网络，为用户提供更加优质的通信服务体验。在此基础上进行研究分析，文献[1]评估网络带宽时，通常会进行带宽测试和流量分析，以确定网络的实际承载能力。这种方法忽略了环境因素对传输性能的影响，如温度等自然条件的变化可能导致光纤性能下降，从而影响传输质量。文献[2]通过控制传感器网的功率，在传输距离较近时，降低传输功率以减少能耗；在传输距离较远时，增加传输功率以提高信号的传输质量。但这种方法需要在传输质量和能耗之间作出权衡，且对于

动态变化的网络环境，难以实时调整功率以实现最优性能。因此现阶段，以接入网传输承载方法设计为对象，运用5G接入网络架构，结合实际情况进行测试与分析。

接入网传输承载方法设计

1. 5G接入网络架构回传组网

设计5G接入网络架构，主要由城域网组成，包括前传、中传和回传网络，提供核心网部分设备之间的接口。通过IP公网浏览外部网络的多媒体^[3]。5G接入网在建设初期将采用虚拟云化技术的CRAN建设方案。其接入过程中，接入点的时延指标小于100 μs ，协议类型为IP协议和UDP/PCP协议。单节点转发时延为60~85 μs 。具体如图1所示。

图1中显示，前传为组网，5G的频段较高，站址密度较大。通过集中的方式能够满足一定数量的物理站址接入。AAU和RRU为射频和基带处理单元，通过在相同物理站址进行光纤跳接从而完成传输承载。在5G承载网络中，通过SDN架构可实现

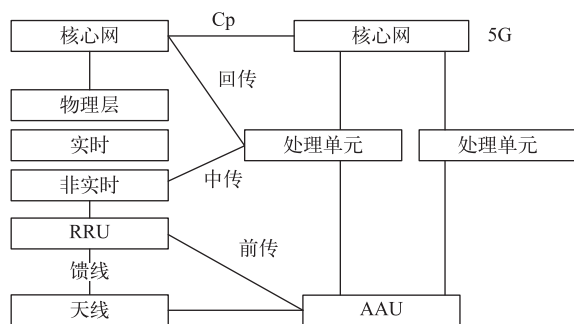


图1 接入网络架构演进图

端到端网络切片，达到承载业务部署自动化^[4]。同时，5G加入网络中引入边缘计算，通过本地化分流减小小时延，按需将处理单元下沉到业务接入点中。计算公式为

$$I=f(M,D) \quad (1)$$

式中， I 为场景下减少后的数据传输时延； M 为数据处理时延； D 为初始时延。

将计算任务和数据存储部署在网络边缘的设备上，数据可以在本地进行处理，显著减少数据传输的距离。在这个架构下，回传网络的部署方案分为层级式网络演进^[5]。当采用DRAN方式部署时，对于承载的带宽需求，根据不同流量场景进行分析。小范围流量场景通常使用单节点单基站接入，而大范围流量场景则使用节点双基站接入。流量场景的接入环带宽的计算公式为

$$H=g(n-1)+r \quad (2)$$

式中， g 为低频单站； r 为低频单站峰值。

根据计算带宽分配接入环，每个节点接入一个5G低频站，大范围场景接入一个高频站和十个低频站。承载网的接入环需具备65 Gbps及以上的带宽能力。为满足回传在灵活组网方面的需求，利用提升路由转发次数的方式进行分组，每个小组都具有增强承载的带宽，从而组建回传网络。

2. 网络切片技术传输承载

运用网络切片按需组网的方式，在终端分离出很多虚拟的端到端接入网。每个网络切片从无线接入网再到核心网上，需要进行流量异常与正常的分离，适配各种各样类型的应用^[6]。将网络资源进行虚拟化，划分为多个独立的切片。每个切片都有自己的资源配额，包括带宽等。通过网络切片，可根据不同的应用场景建立多个独立的逻辑网络，满足不同的应用需求^[7]。根据用户需求，动态网络资源

切片将良性的网络流量分配到对应切片上，对资源进行合理分配和调度，确保每个切片都能满足用户的需求，达到传输承载。在卷积神经网络中，卷积层主要用于学习局部特征，提取关键信息。将提取的特征进入池化层降维，去除冗余信息并保留重要特征。计算公式为

$$G=a\text{down}(c)+b \quad (3)$$

式中， a 、 b 为随机参数； $\text{down}(c)$ 为池化层最大池化函数。

特征进一步处理，得到多个一维特征。输入到全连接层中，通过softmax激活函数将输入样本转换为良性流量的概率分布^[8]。激活能够对网络流量进行良性流量筛选。最后，良性流量进入模型进行分类，确定其应用类型切片。为了确定不同流量特征对分类的影响，在卷积层引入自注意力机制模块。在该模块中，计算特征的查询向量与各个位置的键的关系，获得注意力权重 w 。经过训练优化，将注意力权重与相应的值进行整合，每个值与对应的注意力权重相乘，然后将所有乘积相加，得到特征的注意力值，反映不同特征对最终输出的贡献程度。同时，为优化运算，在卷积层增加了一层卷积层，扩大模型的感受野^[9]。经过池化操作后，将处理后的特征进入全连接层。为防止过拟合，采用softmax函数输出各个类别的网络流量概率分布。计算公式为

$$\text{softmax}(x)=\frac{w(G,j)T}{d} \quad (4)$$

式中， j 为对应值向量； T 为注意力得分。

最终，使用服务功能链根据业务需求，结合类别流量分布概率，调度网络流量。对网络流量进行精细化的分类，不同类别的网络流量精准地分配到相应的应用类型切片中，实现网络资源的优化。根据SFC的控制指令，选择合适的传输协议，确保各类业务在切片网络中得到高质量的传输服务^[10]。在分配网络流量时，传输承载方法充分考虑了业务的带宽需求、时延要求，确保每个切片都能够满足相应业务的需求，达到接入网传输承载优化。

测试与分析

1. 搭建环境

运用IPTAS实测数据的IPT分析平台，对IPT数据进行多层次的基本分析。以系统程序的形式集成

在分析子系统中。传输设备主要作用在城域网传输中的核心层，负责传输分组业务，选用PTN520将用户侧的主要业务分组汇聚到网络中。在此过程中，各个设备的硬件结构见表1。

表1 PTN功能参数

规格	参数
容量	10 Gbps
组网能力	多拓扑组网
业务接入	以太网GE接口
高可靠性	支持链路聚合保护
QOS	WFQ队列调度
同步	时间同步1577VD1 频率同步ACR
OAM	50 ms电动机保护

采用B/S架构，在Web界面上传本地代码，用户利用平台的采集数据进行测量分析工作。发布子系统对外发布数据存储，支持数据的部分下载与请求，使得测度信息可视化显示。公共程序库提供了可供用户直接使用的用户程序。选取一条IPT数据后，首先需要筛选出其中的所有TCP数据。按照每个小组的流超时与报文数的条件对这些TCP数据进行组流处理。选择IPT数据并针对其中13:00~13:50这一时间段的数据进行TCP流数的测量，时间为5 min/次。根据不同的拥塞窗口，通过首次丢包来获取拥塞窗口大小的方法，对发生丢包的TCP流进行统计。

2. 结果与分析

设定了最大报文长度MSS为1 500，对其TCP流统计后对TCP流数进行测量，结果见表2。

表2 TCP流数测度

T包名称	方向	流数
1401	in/out	99 142
1402	in/out	99 134
1403	in/out	99 145
1404	in/out	99 146
1405	in/out	99 147
1406	in/out	99 211
1407	in/out	99 123
1408	in/out	99 124
1409	in/out	99 135
1410	in/out	99 124
1411	in/out	99 132
1412	in/out	99 147

由表2可知，针对所有符合完整TCP流条件的

TCP流进行统计，流数均在99 120~99 150之间，更贴近实际网络的情况。实际上，通过分析流数发现不丢包的流占比较大，能够充分反映出网络中的丢包程度。同时，在统计过程中未表现出较大的波动性和不稳定性。说明本文所设计的方法能够有效满足5G网络高带宽的需求。对于较小的时间粒度，根据采集器丢包的统计结果，使用完整的TCP流，减少对结果造成的干扰，可对实际网络丢包率进行更为有效和准确的衡量。

衡量的实际网络丢包率反映出不同流量模型下的丢包率变化。当网络负载增加时，丢包率通常会上升，表明网络拥塞导致了数据传输的不可靠性增加。无拥塞或轻度拥塞时路径丢包率为0~4%。模型中承载条件，分别对这些数据进行丢包率的统计计算。在计算过程中，设置三个小组。其中运用本文方法的小组为实验组，剩余小组为对照组。IPT数据计算得出不同小组的丢包率，将整体丢包率计算结果进行对比分析。注意，在组流过程中并未对原始T数据进行任何抽样操作。丢包率计算结果如图2所示。

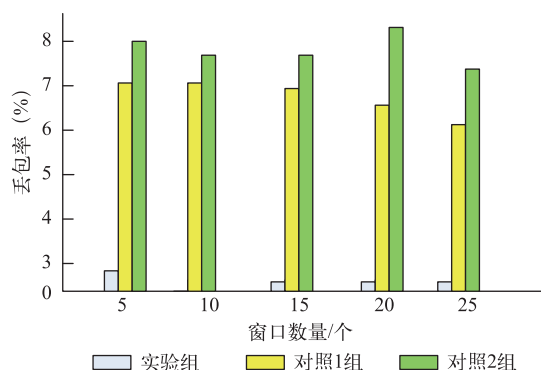


图2 网络丢包率情况

由图2可知，计算输入报文与输出报文之间的关系，获得在网络发生拥塞后，不同小组的丢包率结果。计算发现，两个对照组的丢包率水平均较高，网络应用无法正常工作。而相比于对照组，实验组的丢包率在0~2%之间，为三个小组的最低丢包率。说明运用承载方法能够在相同网络负载下，具有更低的丢包率，表现出优越的性能。在数据传输性能方面，该方法显著提升网络带宽利用率，实现高速数据传输，满足5G网络对于大带宽的需求。

综上所述，运用本文方法不仅能够优化传输路径，降低处理延迟，将端到端时延进行合理控制，

满足5G网络对于接入网络的性能要求。同时，该方法还具备较高的连接数处理能力，能够有效应对大规模设备接入场景。

结束语

本次研究从接入网传输承载方法入手，深入分析5G通信有关问题，重点研究基于5G接入网络架构的接入网传输承载方法设计。但是本方法还存在不足，如数据采集相关问题，样本选取相关问题等。今后应更加完善计算，基于选定的技术，进行接入网的详细规划与设计。根据网络规划与设计结果，选择适合的硬件设备和软件系统，对设计的接入网传输承载方法进行性能优化和测试。将设计好的接入网传输承载方法部署到实际网络中，并进行日常的运维管理，实现接入网的高效传输承载。EA

(收稿日期：2024-07-18)

参考文献

- [1] 张丽霞，张建亮，安毅，等．电力通信中SDON光传输网业务承载性能评估[J]．光通信研究，2023(5)：30-37．
- [2] 陈丽琴，顾静军．基于无线传感器网络的地铁通信传输延迟优化方法[J]．传感技术学报，2022，35(5)：698-702．
- [3] 王上，唐欢容．一种基于混合粒子群优化算法的深度卷积神经网络架构搜索方法[J]．计算机应用研究，2023，40(7)：2019-2024．
- [4] 周芬林，钱小聪，袁冬宇．基于数据库的开放资源服务网络架构[J]．电信科学，2023，39(9)：153-162．
- [5] 汪莞乔，苏剑，潘娟，等．虚拟电厂通信网络架构及关键技术研究展望[J]．电力系统自动化，2022，46(18)：15-25．
- [6] 李文屏，白鹤峰，赵毅，等．一种中高轨混合的多层卫星骨干网络架构设计[J]．电子与信息学报，2023，45(2)：472-479．
- [7] 邹渊，孙文景，张旭东，等．面向时间敏感网络的车载以太网网络架构多目标优化[J]．汽车工程，2023，45(5)：746-758．
- [8] 谷金字，张宁，高峰，等．基于SDN云网络架构的全感知虚拟机房系统[J]．计算机工程与设计，2023，44(11)：3250-3257．
- [9] 周熠，程程，周飞飞，等．一种基于时间敏感网络的变电站确定性网络架构优化方法[J]．现代电子技术，2023，46(21)：177-182．
- [10] 任晓旭，谭靖超，邓辉，等．基于端边云超融合的算力网络架构[J]．计算机应用，2022，42(S1)：195-200．

