

支持原生数据分析能力的5G核心网架构增强研究

Research on 5G Core Network Architecture Enhancements for Supporting Native Data Analytics Capability

任 驰,马瑞涛,穆 佳(中国联通研究院,北京 100048)

Ren Chi, Ma Ruitao, Mu Jia (China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

根据3GPP Rel-16/Rel-17标准,介绍了支持5G核心网原生数据分析能力的增强系统架构,以及对应的数据采集、存储和协调要求,并以UE通信分析为例介绍了典型的数据采集和分析输出过程,为后续运营商的网络演进和部署提供参考。

关键词:

5G;数据分析;NWDAF;DCCF/MFAF;ADRF
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.09.009
文章编号:1007-3043(2021)09-0040-05
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

According to 3GPP Rel-16/Rel-17 specifications, it introduces 5G core network enhancements for supporting native data analytics capability, as well as the corresponding data collection, storage and coordination functions. It also introduces a typical data collection and analytics output process by using UE communication analytics as an example, which provides reference for subsequent operators' network evolution and deployment.

Keywords:

5G; Data analytics; NWDAF; DCCF/MFAF; ADRF

引用格式:任驰,马瑞涛,穆佳.支持原生数据分析能力的5G核心网架构增强研究[J].邮电设计技术,2021(9):40-45.

0 引言

移动网数据分析的需求由来已久,相关的工作也在4G时代随着网络复杂度的提升以及应用的持续发展形成了较为完善的需求体系和应用方案。但随着移动网络的不断演进,移动业务也开始呈现出爆炸性发展的趋势,新场景、新业务层出不穷,对网络提出了越来越多、越来越复杂的资源管理和调度需求,而传统的网络数据分析往往需要通过外部的平台、硬件等非原生能力实现,系统的部署方案复杂,自动化程度

相对较低,影响了后续决策调整和资源调度的实时性。

5G网络面向更极致的业务体验,高速率、低时延以及高密度的部署场景,传统的数据分析架构已经很难满足对应的业务需求。而5G核心网基于更灵活和轻量化的模块化、服务化架构设计,为网元间直接的数据采集和集成提供了可能,并为未来针对不同场景进行扩展和定制留下了空间,因此5G核心网原生数据分析能力的提出是水到渠成。在此背景下,3GPP在Rel-16和Rel-17阶段设计了基于网络数据分析功能(Network Data Analytics Function, NWDAF)的5G核心网数据分析架构,并定义了一系列的数据采集、存储、

收稿日期:2021-07-08

分析和管理的功能和流程,以满足5G整体网络发展下更快速和实时的网络自动化管理和优化需求。

1 整体架构概述

1.1 基础架构要求

为满足移动网络日益丰富的业务需求,支持虚拟化架构下5G网络的动态、灵活和弹性的部署形态,3GPP定义了NWDAF及其为核心的一系列数据采集、分析、存储和协调框架,以实现5G核心网内生的数据采集和分析能力,进而通过NWDAF体系实现灵活、实时的网络及业务优化决策及网络资源动态调整。如5G网络可以通过数据分析掌握特定时间段内特定区域的网络负载情况并作出拥塞预测,从而向应用服务器提供网络拥塞预警,为应用侧更新应用管理策略提供参考(比如自动驾驶类业务在接收到此类预警后重新规划路线绕开潜在的网络拥塞区域,或在进入可能出现网络拥塞的区域前降低自动驾驶等级)。NWDAF可以使用服务化接口提供对应的服务,向服务消费者提供所需的数据分析能力,并可以通过其他服务化网元(如AMF、SMF)开放的服务化接口进行数据分析所必须的数据采集工作。

在部署形态层面,特定区域内(如PLMN内)可能存在一个中心NWDAF和多个下级NWDAF的架构,甚至可以存在多级的/树状的部署架构。依据不同的应用和部署需求,下级NWDAF可能独立部署,也可能和其他网元合设以支持灵活快速的数据实时采集能力。多NWDAF部署架构下,多个层级NWDAF可能分别支持不同的分析ID(Analytics ID)或服务于不同的服务区域(NWDAF Serving Area),并通过中心/上级NWDAF进行数据的统一分析管理。

在实际的数据采集和分析过程中,NWDAF可以通过其开放的服务化接口直接接收来自NWDAF服务消费者的分析请求并返回分析结果,或向数据源NF请求所需要的原始数据信息,其交互过程遵循服务化架构的通用标准流程,所对应的系统架构如图1所示。

在请求或订阅数据分析时,NWDAF服务消费者

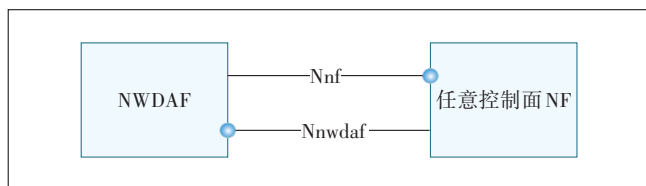


图1 基于NWDAF直接交互模式的数据分析架构

可以在分析请求或分析订阅消息中详细描述分析的对象以及其他指导NWDAF进行数据采集和数据分析的控制参数,这些控制参数可能包括(但不限于):

a) 以分析ID(Analytics ID)标记的请求的分析类型(如NF性能分析、UE异常行为分析等)。

b) 分析报告目标。指示所请求的分析信息的对象,如特定的一个UE或一组UE,也可以针对所有UE。

c) 报告门限。指示触发NWDAF通知的条件,如某事件发生次数超出特定取值等。

d) 分析目标时段。以一个包含开始时间和结束时间的的时间间隔表达,如果时间间隔的开始时间和结束时间属于过去,则表示该请求是一个针对过去信息进行统计的请求,而属于未来则表示该请求是一个针对未来情况进行预测的请求。

e) 分析输出策略。指示针对请求的分析,需要优先保障分析的准确性要求或分析输出的时间要求,如果是前者,则准确性未达到要求前,即使达到了请求中所要求的时间,NWDAF也不会反馈分析信息,如果是后者则会严格遵循NWDAF服务消费者指示的时间要求(时间间隔或时间周期)。

需要注意的是,为了不限制实际应用中的灵活性和可扩展性,3GPP所定义的要求只针对系统架构和接口交互的能力,而不涉及数据分析、模型训练算法的要求,具体的算法可以基于不同的应用需求和应用场景进行灵活的配置和管理。

NWDAF可以通过调用如表1所示的数据开放服务,从对应的数据源进行数据采集。

表1 数据源NF及其支持的数据开放服务

数据源	数据开放服务	可采集数据类型举例
AMF	Namf_EventExposure	用户位置信息,用户RM状态信息等
SMF	Nsmf_EventExposure	用户会话信息,DNN/S-NSSAI信息,会话状态等
NEF	Nnef_EventExposure	触发NEF请求订阅域外AF业务状态信息
AF	Naf_EventExposure	直接订阅域内AF业务状态信息
NRF	Nnrf_NFDiscovery / Nnrf_NFManagement	NF Profile信息,NF活动状态等

1.2 NWDAF能力分解

NWDAF可以具备数据分析能力或模型训练能力之一,也可以同时具备2种能力,在这样的逻辑功能分解要求下,可将支持不同能力的NWDAF视作不同的逻辑功能模块,分别为:

a) 分析逻辑功能(AnLF)。包含分析逻辑功能

(AnLF)的NWDAF可以进行数据的推理,生成分析信息(如基于分析消费者的请求或订阅生成针对过往的统计分析,或针对未来的预测信息),并将分析信息作为其所提供的服务开放给分析消费者。

b) 模型训练逻辑功能(MTLF)。包含模型训练逻辑功能(MTLF)的NWDAF可以针对初始分析模型进行训练,并将完成训练的分析模型提供给AnLF使用。

分析服务的消费者可以基于服务化架构下的NF发现和选择机制通过NRF发现支持所需能力的NWDAF(AnLF能力、MTLF能力,或同时支持2种能力),在此基础上,NWDAF还会将其所支持的分析ID(Analytics ID)、服务区域等信息作为NF资料(Profile)的一部分注册到NRF中,以支持分析服务消费者能够找到一个具体的NWDAF。

2 数据管理及分析增强要求

2.1 概述

为满足灵活的数据采集和存储管理能力,提升基于NWDAF的数据分析系统的数据采集和分析效率,在NWDAF的基础架构和功能分解要求的基础上,3GPP进一步定义了以下数据管理增强架构要求。

a) 基于DCCF(Data Collection Coordination Function)/MFAF(Messaging Framework Adaptor Function)的数据采集/分发协调框架。

b) 基于ADRF(Analytics Data Repository Function)的数据存储和检索框架。

下文将分别介绍数据采集和分发协调,以及数据存储管理对应的系统架构和功能增强要求。

2.2 数据采集和分发的协调

2.2.1 数据协调架构

在直接通信模式(图1)的基础上,网络也可能通过基于DCCF/MFAF的数据采集协调框架完成对应的数据或分析请求流程。DCCF可以记录经过其所处理的每一个数据采集或分析请求流程以及后续的处理过程,从而避免不同的NWDAF向同一个数据源重复采集相同的数据,或在某一分析请求已经完成并被返回给分析服务消费者后,不同的分析服务消费者请求同样范围的分析时重复相同的数据采集、分析和反馈流程。

基于DCCF/MFAF的数据协调架构如图2所示。

2.2.2 数据采集协调

在部署DCCF的场景下,数据或分析消费者可以基于其本地配置选择直接向数据源或NWDAF请求原始数据和分析数据,或是将数据/分析请求消息发送给DCCF,由DCCF根据请求中所包含的信息判断数据采集和分析状态,并在需要时选择合适的数据源或NWDAF执行对应的数据采集或分析请求流程。DCCF会持续地跟踪其所管理的处于活跃状态的数据处理过程,即DCCF记录每一个独立的数据采集和数据分析流程,将其组成一个列表并在数据处理的过程中持续维护这个列表的状态。需要注意的是,在NWDAF直接向数据源请求数据的情况下,NWDAF也可以选择将其所进行的数据采集的相关信息(如数据源类型,所调用的服务,使用的Analytics ID或Event ID,时间/地理范围等)注册到DCCF中,以备DCCF在未来进行查询和匹配,避免重复的数据采集和分析过程。

理论上,一个DCCF可以同时服务多个数据消费者或从多个数据源进行数据采集,但在实际的应用中还是建议一个数据消费者或数据源只和一个DCCF或

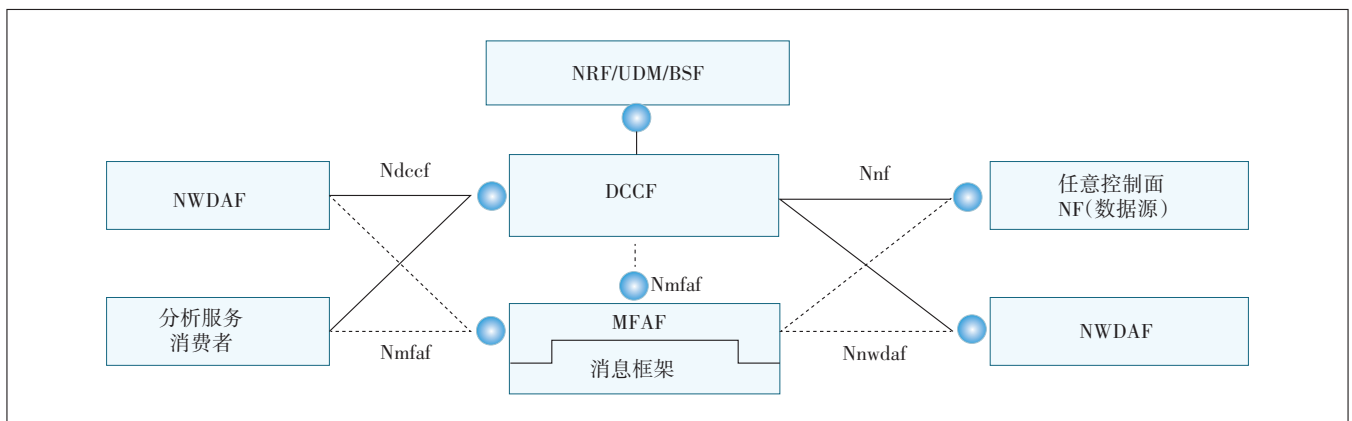


图2 基于DCCF框架的数据分析架构

DCCF组(DCCF Set)关联,如果DCCF和数据消费者或数据源部署了多对多的关系,不同的DCCF仍可能重复的从同一个数据源采集数据,这样就违背了数据采集协调框架设计的初衷。

2.2.3 数据分发协调

在应用了DCCF/MFAF框架(图2)的情况下,原始数据和分析数据的采集和分发由DCCF/MFAF统一进行协调和管理,系统可以通过2种方式进行数据协调,即:

- a) 由DCCF直接进行数据分发管理。
- b) 由消息框架(Messaging Framework)通过MFAF进行数据分发。

在通过DCCF进行数据分发管理的情况下,数据源提供的原始数据或NWDAF提供的分析数据将发送给DCCF而不是直接发送给消费者NF,并由DCCF基于之前收到的数据或分析请求统一协调并分发给对应的消费者NF,DCCF也可以配置将所收到的数据存储在ADRF中以供未来检索和使用。

在原始数据分发协调的情况下,在向数据消费者进行数据分发之前,DCCF可以基于数据消费者的数据采集请求消息中所包含的数据格式化指示和数据预处理指示进行对应的数据处理工作。其中,数据格式化指示中的信息指明DCCF应在何时向数据请求者发送数据通知,如:是否缓存并定时发送数据通知,是否将多条数据通知合并是一条消息中发送,或当数据消费者同时请求了多个事件通知时,是否只有在所有事件均发生时才会向数据消费者发送通知。而数据预处理指示则指示DCCF需将多个通知消息中所包含的数据进行提炼和归纳并形成统一的数据报告,并在向数据消费者发送的数据通知中以一个数据报告取代多个数据通知消息,减少所需要发送的数据量,降低对应接口的数据流量负荷。

在消息框架通过MFAF进行数据分发管理的情况下,将由消息框架进行数据的格式化和预处理。需要说明的是,消息框架是针对数据采集和分发的可扩展需求所定义的支持非3GPP协议的功能实体,因此不能直接和3GPP网元功能进行交互,为此3GPP定义了支持消息框架和3GPP系统间协议转换和消息交互的消息框架适配器功能MFAF,MFAF通过服务化接口提供对应的服务分别向数据消费者和DCCF进行交互。在实际的应用中,NF消费者的数据或分析请求仍发送给DCCF,由DCCF在判断数据采集状态并确定需要发

起新的请求后指示MFAF进行数据采集,在DCCF向MFAF发送的指示消息中包含足够的信息以支持消息框架识别从数据源处获取的数据并进行数据格式化和数据预处理。消息框架完成数据处理后将其提供给MFAF,并由MFAF根据DCCF的指示将数据通知给数据的消费者。

2.3 数据存储管理

2.3.1 数据存储架构

ADRF是为实现统一的原始数据和分析数据的存储和管理所定义的网络功能实体,ADRF可以作为数据的消费者从DCCF/MFAF或其他控制面NF获取数据,也可以作为数据源由DCCF/MFAF或NWDAF从中检索并获取数据。

基于ADRF的数据存储架构如图3所示。

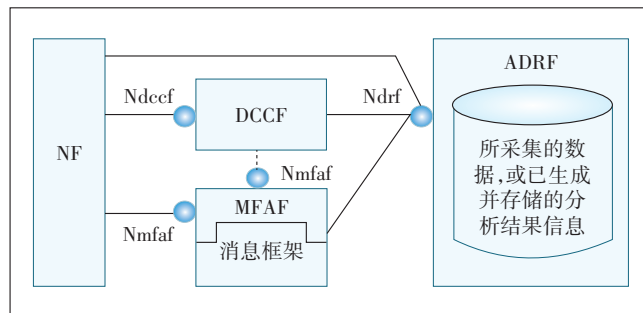


图3 基于ADRF的分析数据存储架构

2.3.2 数据存储要求

ADRF通过对外开放的服务化接口提供对应的服务以实现数据(原始数据和已经完成分析的分析结果数据)的存储管理,NWDAF或DCCF/MFAF可以调用ADRF的数据管理服务请求将已采集到或已完成分析的数据存储在ADRF中,也可以在采集或分析数据的过程中预先判断之后收到的数据是否需要存储在ADRF中,在后一种情况下NWDAF或DCCF将在收到分析数据或数据消费者发来的请求时,通过数据存储订阅请求预先要求ADRF向其进行订阅,并在完成数据采集或数据分析后通知ADRF,触发ADRF向其获取并存储对应的原始数据或分析数据。

在数据检索和获取方面,数据消费者可以向ADRF直接请求所需要的特定时间窗口内的原始数据或分析数据,这个时间窗口一般为一个过去的时间段,由ADRF确定数据的可用性后将其提供给数据消费者,如果所请求的数据尚未存储在ADRF中,ADRF也可以指示对应的功能实体进行数据的获取活动。

针对尚未产生的数据(即目标时间段为未来的时间), 数据消费者通过订阅的方式向 ADRF 进行数据的请求, 进而触发 ADRF 向对应的数据管理者进行数据订阅。

ADRF 也可能和其他 NF 合设部署, 在此情况下, 如果 ADRF 直接与与其合设的 NF 处获取了数据, 其应将获取的数据情况注册到 DCCF 中, 以备 DCCF 未来协调调用。

3 典型应用场景分析

3.1 概述

在向 NWDAF 请求获取数据分析信息时, NWDAF 服务消费者会在请求或订阅消息中指示所期望的分析场景, 这些分析场景以不同的 Analytics ID 进行标记, 3GPP 系统在当前阶段支持的分析场景如表 2 所示。

表 2 5GC 支持的分析 ID (Analytics ID) 列表

Analytics ID	分析信息	说明
Load level information	切片负载级别信息	特定网络切片实例的负载信息
Service Experience	观察到的业务体验信息	观察到的业务体验统计, 或针对未来业务体验情况的预测, 该分析可以以一个网络切片为分析对象, 也可以以一个目标应用(如 WeChat)为分析对象
NF load information	NF 负载信息	针对特定 NF 的负载统计或预测
Network Performance	网络性能信息	针对特定区域网络负载的统计或预测, 同时可以统计或预测该区域内 UE 的数量
UE Mobility	UE 移动性信息	UE 移动性的统计或预测
UE Communication	UE 通信信息	UE 通信(如使用的应用及使用时长)的统计或预测
UE Mobility and/or UE Communication	期望的 UE 行为参数	UE 移动性和/或 UE 通信的分析
Abnormal Behaviour	UE 异常行为信息	观察到的或预期的 UE 异常行为列表
User Data Congestion	用户数据拥塞信息	用户面或控制面用户数据传输拥塞的统计或预测
QoS Sustainability	QoS 可持续性	针对统计的情况, 提供 QoS 改变时的位置和时间信息, 以及触发 QoS 改变的阈值信息; 针对预测的情况, 提供潜在的 QoS 变化可能发生的位置和时间, 以及触发 QoS 改变的阈值信息
Session Management Congestion Control Experience	会话管理拥塞控制经验	针对特定 DNN/S-NSSAI 的会话管理拥塞控制经验统计
Redundant Transmission Experience	冗余传输经验	旨在支持针对 uRLLC 业务的冗余传输决策的统计或预测信息

下文以 UE 通信分析为例对典型事件分析进行介绍。

3.2 UE 通信分析

UE 通信分析的目标为支持更优化的针对 UE 业务的网络行为, 包括灵活提供定制化的移动性管理策略, 优化的流量路由管理, 改善 QoS 及非激活定时器管理策略等。NWDAF 通过分析 UE 的通信模式以及用户面流量模型, 向 5GC 中的其他 NF 提供分析结果, 作为后续执行优化策略的输入信息。

针对 UE 通信分析, NWDAF 所需要采集的数据以及对应的数据源如表 3 所示。

经过 NWDAF 的分析, NWDAF 可以向消费者提供 UE 相关的统计信息或预测信息, 针对统计分析的情

表 3 UE 通信分析所需的输入信息

数据信息	数据源	说明
UE ID	SMF、AF	UE 标识信息, 数据源为 SMF 时该标识为 SUPI; 数据源为 AF 时该标识为 GPSI
群组 ID	SMF、AF	用于标识一组 UE, 数据源为 SMF 时, 该标识为 Internal Group ID; 数据源为 AF 时, 该标识为 External Group ID
S-NSSAI	SMF	用于标识一个网络切片
DNN	SMF	用于标识提供 PDU 连接服务的数据网络名称
应用 ID	SMF、AF	Application ID, 标识提供应用信息的具体应用
期望的 UE 行为参数	AF	由 AF 提供给网络的一系列应用侧期望的 UE 行为参数, 包括期望的 UE 移动轨迹、通信时长、轨迹内驻留时间等
UE 通信信息	UPF、AF	特定应用的通信情况
•通信开始时间		
•通信停止时间		
•UL 速率		
•DL 速率		
•通信流量		
类型分配代码 (TAC)	AMF	指示 UE 的终端模型和制造商信息, 相同 TAC 的 UE 可能具备类似的通信行为, 和其他 UE 具有相同 TAC 但通信行为不同的 UE 可能被判定为异常 UE
UE 位置	AMF	UE 位置信息
•UE 位置		UE 进入的 TA 或小区
•时间戳		AMF 检测到 UE 进入该位置时的时间戳
PDU 会话 ID	SMF	标识一个 PDU 会话
•N4 会话 ID	SMF、UPF	标识一个 N4 会话
•非活跃检测时间	SMF、UPF	会话非活跃定时器 (Inactivity Timer) 取值
•PDU 会话状态	SMF	PDU 会话的状态 (激活、非激活)。
UE CM 状态	AMF	UE 连接管理状态 (CM-IDLE、CM-CONNECTED)

况,NWDAF输出的分析结果如表4所示。

表4 UE通信的统计分析输出信息

输出信息	说明
UE群组ID或UE ID	SUPI或Internal Group ID
UE通信	一个通信时隙列表
•周期性通信指示	标识UE的通信行为是否是周期性的
•周期时间	如果是周期性,该信息表示周期性通信的间隔时间,如1次/h
•开始时间	观察到的开始时间
•持续时间	通信持续时间
•流量特性	S-NSSAI,DNN,端口等信息
•通信流量	上/下行流量
•比率	目标群组中进行特定模式通信的UE比例
应用信息	使用中的应用列表
•应用ID	标识目标应用
•开始时间	开始使用应用的时间
•持续时间	使用应用的时长
•出现比率	UE在请求的周期内使用该应用的时间比例
•空间有效性	业务行为适用的区域
N4会话ID	标识一个N4会话
•非活跃检测时间	会话Inactivity Timer取值

针对预测分析的情况,NWDAF输出的分析结果和统计的基本相同,并在此基础上标明NWDAF对分析结果的概率论断信息,提供分析的置信度作为NWDAF服务消费者后续决策的参考。

4 结束语

本文根据3GPP相关标准的要求,重点分析了5G核心网原生数据分析的系统架构和功能增强要求,讨论了以NWDAF为核心,以DCCF/MFAF和ADRF为辅助的数据管理框架,并以UE通信分析为例介绍了典型的数据分析场景和主要数据的获取和输出要求。

当前阶段,3GPP在Rel-16和Rel-17阶段仅提出了部分分析场景(见表2)对应的解决方案,而在实际的应用中,基于不同的网络部署方式和应用管理需求,对应的分析需求显然远不止限于规范定义的场景。3GPP规范只是提供了基本的系统框架和不同场景的分析思路,在后续的部署和实践中则需要基于不同的需求和场景,参考该框架进一步思考如何提升NWDAF架构的可扩展性和泛用性,推动NWDAF架构和运营商已有的分析平台以及OSS/BSS系统结合,以构建通用的、全场景的5G网络原生的数据分析能力,真正实现网络整体的自动化管理和优化。

参考文献:

- [1] Study of enablers for network automation for 5G; 3GPP TR 23.791[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [2] Study on enablers for network automation for the 5G System (5GS); Phase 2; 3GPP TR 23.700-91[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [3] Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services; 3GPP TS 23.288[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [4] 5G; System architecture for the 5G system; 3GPP TS 23.501[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [5] Procedures for the 5G System; 3GPP TS 23.502[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [6] Policy and charging control framework for the 5G System (5GS); Stage 2; 3GPP TS 23.503[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [7] Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access; 3GPP TS 23.401[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [8] Non-Access-Stratum (NAS) functions related to Mobile Station (MS) in idle mode; 3GPP TS 23.122[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [9] 5G; Service requirements for next generation new services and markets; 3GPP TS 22.261[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [10] Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); 3GPP TS 24.301[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [11] Numbering, addressing and identification; 3GPP TS 23.003[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [12] Management and orchestration; Generic management services; 3GPP TS 28.532[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [13] Management and orchestration; Performance assurance; 3GPP TS 28.550[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [14] Management and orchestration; 5G performance measurements; 3GPP TS 28.552[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.
- [15] NR; Overall description; 3GPP TS 38.300[S/OL]. [2021-05-15]. <https://www.3gpp.org/specifications>.

作者简介:

任驰,毕业于北京邮电大学,主要从事移动核心网技术、5G核心网架构等相关研究工作;马瑞涛,毕业于北京邮电大学,硕士,主要从事移动核心网技术、5G核心网架构技术研究及网络演进规划等相关研究工作;穆佳,毕业于北京理工大学,硕士,主要从事移动核心网技术、5G核心网架构等相关研究工作。