

面向6G的核心网 网络架构研究

Research on 6G-oriented Core Network Architecture

岳毅,张雪贝,王立文,杨文聪,张智燕(中国联通研究院,北京100048)

Yue Yi,Zhang Xuebei,Wang Liwen,Yang Wencong,Zhang Zhiyan(China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China)

摘要:

通过分析6G网络愿景和核心网网络架构所面临的挑战,提出面向6G的核心网网络架构的需求,并在此基础上提出智能且能力普惠的核心网架构,实现“连接+AI+算力+智能+能力开放”的6G核心网,能够根据场景和业务需求按需部署网络功能,保证网络按需确定性服务能力。通过对四大网络功能体进行重构,实现多任务协同能力,形成灵活的用户面处理逻辑,实现网络能力普惠的自治管理和智能服务。

关键词:

6G;网络架构;人工智能

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.05.002

文章编号:1007-3043(2023)05-0007-05

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:

By analyzing the 6G network vision and the challenges faced by the core network architecture, the requirements for a 6G-oriented core network architecture are proposed. On this basis, an intelligent and inclusive core network architecture is proposed to achieve a 6G core network of "connection + AI + computing power + intelligence + capability openness", which can deploy network functions on demand according to scenarios and service needs, so as to ensure network deterministic service capabilities on demand. Furthermore, through the reconstruction of the four major network function bodies, multi-task collaboration capabilities are realized, flexible user plane processing logic is formed, and autonomous management and intelligent services with universal network capabilities are realized.

Keywords:

6G; Network architecture; Artificial intelligence

引用格式:岳毅,张雪贝,王立文,等.面向6G的核心网网络架构研究[J].邮电设计技术,2023(5):7-11.

1 概述

大连接物联网(massive machine-type communication, mMTC)、增强型移动宽带(enhanced mobile broadband, eMBB)和低时延高可靠通信(ultra-reliable & low-latency communication, uRLLC)是5G移动通信的三大应用场景,能够提供海量连接、宽带化以及低时延类型业务,为经济和社会的发展提供强大助力^[1-4]。近些年,下一代移动通信技术(6G)已经引起全球工业界与学术界的高度关注。作为一个复杂的系统,网络

架构是移动通信网络的基石,整个系统的能力与效率都与网络架构息息相关。其中,核心网在系统中扮演着中控大脑与核心枢纽的角色,不仅负责移动通信网络中融会贯通、承上启下的任务,同时承担着6G应用业务演进与繁荣的责任^[2]。

目前,6G整体研究处于起步与探索阶段,6G技术路线尚未明确,对核心指标与典型应用场景还没有统一的定义。虽然6G的“技术寻找”与“场景挖掘”尚未成熟,但多国已将6G核心技术纳入各自的创新战略,6G技术俨然成为全球抢占的科技制高点与大国科技博弈的高精尖领域^[5-8]。中国、美国、日本、韩国以及芬兰等国家均已开展6G技术研究。2019年11月3日,

收稿日期:2023-03-11

我国成立了国家6G技术研发推进工作组和总体专家组,标志着我国6G技术研发工作正式启动。

与此同时,国际标准化组织亦启动了6G网络技术研究,国际电信联盟(ITU)开展了固定、移动、卫星融合标准研究,提出了核心网上星架构、多接入融合网络技术以及业务连续性技术,这充分说明6G核心网将是6G网络的重要组成部分。总之,6G核心网具有多接入融合、智慧内生以及用户数据为中心等自驱动力,相应的网络体系架构、基础理论和核心关键技术亟待突破,这是6G核心网的基础瓶颈和核心挑战。考虑到现有的核心网集中式架构缺乏对6G复杂多变场景的实时感知和适应能力,笔者提出了一种信息内聚、网络能力智能普惠的6G核心网体系结构,对相应的功能进行了探讨。

2 6G核心网愿景

6G通信引入太赫兹通信、可见光通信、先进的接入-回程融合等新技术,实现通信网络的超高峰值速率、超海量接入、超高可靠性^[9]。如表1所示,与5G相比,6G网络性能会有显著提升。然而,仅仅引入新技术是不够的。现有架构难以解决上述问题。须重新设计核心网架构,构建强大、灵活、智能的网络。本章将对6G核心网愿景进行简要阐述。

表1 6G与5G网络关键性能指标对比

性能指标	6G	5G
峰值速率/(Gbit/s)	>1 000	10
连接密度/(million/km ²)	>10	1
移动性/(km/h)	>1 000	350
时延/ms	<0.1	1
可靠性/%	>99.999 99	99.99

2.1 多接入融合

为了能够随时随地接入网络,卫星通信、无人机通信、海上通信等都将与6G网络深度融合。作为地面通信的补充,上述技术将极大地扩展6G网络的覆盖范围。需要注意的是,虽然卫星通信、无人机通信、海上通信都属于接入网技术,但接入网的扩展需要来自核心网的支持。复杂多变的接入场景对6G核心网提出了更高的要求。

以卫星通信为例,虽然其覆盖范围更大,不受地形限制,但存在时延长、路径损耗大、多普勒频移、业务迁移频繁等问题^[10]。上述问题对6G核心网提出了

极大的挑战。首先,与位于一个地方的基站不同,快速移动的卫星和无人机使网络控制更加复杂,6G核心网需要应对频繁的切换。同时为应对高动态的场景,6G核心网必须具备对接入网环境变化的认知和预测能力;其次,不同通信的时延差异很大,提供质量有保障的综合服务的难度很大;再次,不同通信之间的切换不仅会触发通信切换,还会触发业务迁移,6G核心网需要对通信拓扑和计算提供重新安排。

2.2 可靠的低时延移动宽带

多感官XR将是6G时代的杀手级应用。为了满足这些应用程序的服务质量要求,应同时保证大带宽和低时延,以防止用户体验恶化,例如黑边和丢帧^[11-12]。考虑到XR通常是可穿戴设备,用户可能会佩戴设备四处走动。这可能会频繁触发通信切换和业务迁移,增加系统的不确定性。

此外,多感官XR的实时渲染需要大量的计算资源和快速的响应,因此多感官XR应用通常会导致计算资源耗尽且对延迟敏感。计算资源不足和网络拥塞都会导致时延约束被破坏。

如何为这些应用提供良好的网络性能对6G核心网提出了巨大的挑战。为保证服务质量,6G核心网应具备识别网络环境变化的能力。同时,6G核心网还需要具备快速和细粒度地重新安排通信和计算资源的能力。

2.3 AI+网络

万物互联是6G的核心愿景。海量异构设备通过6G网络连接,人工智能赋能6G应用^[13-15]。由于AI应用程序通常是计算密集型的,因此如何保证计算能力提供是6G核心网面临的关键挑战。传统的云驱动人工智能对骨干网络造成了沉重的负担,并且存在延迟较高的问题。在网络边缘开发计算资源也面临着资源限制的挑战。在前几代移动通信技术中,通信网络仅充当用户设备与云服务器之间的管道。因此,通信和计算资源是单独调度的。

6G将有所作为,它不是一个简单的信息管道系统;相反,它更像是一个结合了人工智能和计算资源的大领域,称之为网络赋能人工智能。该领域的所有设备都通过网络进行赋能和调度,从而形成万物互联。另一方面,为了让网络高效工作,6G的核心网必须具备对网络覆盖范围内的所有设备进行调度的能力。在这个过程中,控制器必须借助人工智能的力量来应对快速变化的异构环境,称之为人工智能赋能网

络。

3 6G核心网架构

未来的6G网络将面临多样化的目标、多变的业务场景、个性化的用户需求,这不仅要求6G网络具备大容量、超低时延,更需要卓越的可塑性。面对分布式场景不断变化的需求,6G网络架构应该具备足够的灵活性和可扩展性,从而能够在控制层对网络进行更加细粒度的调整。本章将深入研究6G核心网的设计,并尝试提出一种改进的6G核心网架构。

3.1 架构概览

为满足6G时代新应用的需求,6G核心网必须具备强大、灵活、高效的特点。它应该满足以下要求:超大的网络容量、就近提供的计算资源、识别环境状态变化的强大认知能力以及高效兼容的控制层。提出一种智能普惠的6G核心网服务架构。智能普惠服务架构是5G服务基础架构的升级。下面将详细介绍该架构及其核心模块功能。

图1给出了6G核心网智能普惠服务架构。6G核心网智能普惠服务架构主要由算网资源层、算网业务层、能力普惠层与用户层构成。所提架构将网络中的各类资源与基础设施依托部署在算网资源层,向上为算网业务层提供支持。算网业务层包含四大网络功能体,向上提供6G网络所有的网络能力。能力普惠层将算网业务层的能力进行聚合,通过应用使能框架等

方式实现网络能力开放,实现算网能力的统一管理,进而为上层业务或用户提供服务。本节将详细介绍能力普惠层与算网业务层。

3.2 6G核心网架构之能力普惠层

能力普惠层主要由需求解析、能力支撑以及能力仓库三大功能模块构成。需求解析模块负责将来自用户层的业务需求进行转译,解释成算网业务层能够理解的业务需求,并将已完成的业务需求存储至知识库供后续业务参考。当需求解析模块再次收到已经处理过的业务需求时,其能够直接从能力仓库中的知识库进行检索且无需再将需求传递至算网业务层进行处理。能力支撑模块负责对算网业务层开放出的网络能力进行发现、抽取、封装以及编排等操作。能力仓库接收并存储来自能力支撑模块的以原子服务形式封装好的网络能力,并将计算、连接、AI等网络能力以服务的形式对外开放。

3.3 6G核心网架构之算网业务层

3.3.1 控制功能体

控制功能体聚合传统控制面的各种网络基础功能,并增加了多维接入功能与融合控制功能。在多维接入方面,基本原则是兼容新老用户以及终端。针对不同制式、不同能力的终端,控制功能体支持不同的适配方式,灵活适配无线、卫星等,实现新旧终端的无用户感知、即时连接与即插即用。保障下一代网络能力的使用能够不依赖于终端芯片的发展程度。控制

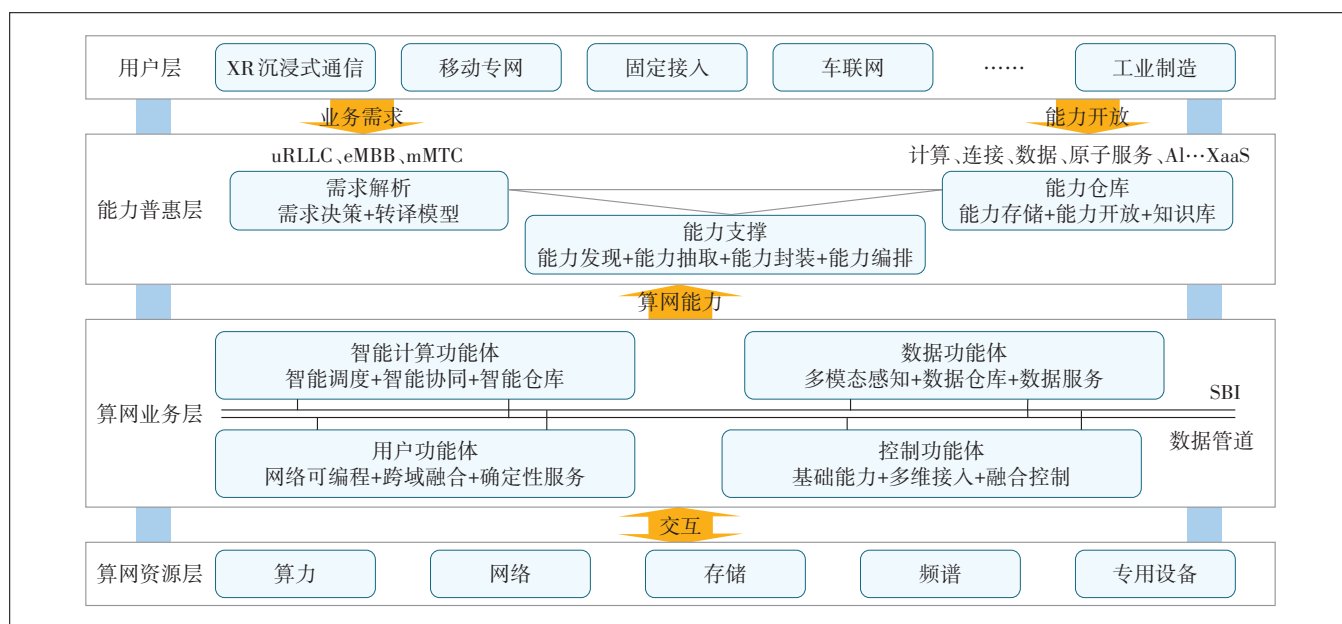


图1 6G核心网智能普惠服务架构

功能体还提供融合控制功能,将网络资源调度决策转换成算力资源层能够理解的决策,并协同其他功能体共同完成对网元的动态编排、异构网元协同以及QoS/QoE智能优化等功能。

3.3.2 用户功能体

基于现有的转发与控制分离的设计原则,用户功能体在现有UPF的基础上实现服务增强,包含与控制功能体、数据网络、无线交互等面向服务的接口。用户功能体不仅保留了传统面向用户UE业务数据路由转发和策略执行等功能,还重点关注用户面可编程、确定性服务以及跨域融合,最终实现按需场景化定制。

a) 用户面可编程。通用硬件在转发性能方面存在限制,因此采用可编程交换芯片、DPU异构芯片、智能网卡等新型算力实现数据高效处理与降低功耗。此外,结合可编程技术对网络通信协议进行编程,从而提升用户面的开放性与灵活性。将所需的网络功能整合至用户面,简化无用协议。

b) 确定性服务。用户功能体通过流量整形、队列调度、资源预留等技术,实现对流量调度的可预期与可规划操作,目的是将时延、抖动以及丢包率控制在确定的范围内。最终满足新型业务的低时延、高可靠、大带宽等多样化需求,同时兼顾原有业务的普通流量转发。

c) 跨域融合。在未来6G网络中,不同自治域的用户功能体互联,在专网和公网之间建立数据通道,通过公网代理,建立起专网内的用户对外部网络的访问通道。

3.3.3 数据功能体

图2描述了数据功能体的基本架构。数据功能体主要由多模态数据感知模块、数据仓库模块以及数据服务模块构成。多模态数据感知模块提供数据采集

功能,从用户层、算网业务层以及算网资源层联合采集数据。数据服务模块提供标准化数据访问通道,支持异厂家数据访问解耦。来自多模态数据感知模块的网络数据通过数据通道,采用API接口形式进行能力开放。采集到的数据可以作为智能计算功能体在进行网络资源决策分析时的基础网络数据信息。同时,数据服务模块还集成了数字孪生功能,对终端及网络构建数字孪生体并对其进行管理。数字孪生体是物理实体对象的虚拟化映射,能够有效降低网络试错成本、协助智能化决策以及提高网络创新业务开发效率。数据仓库模块集成了6G核心网中非结构化数据存储功能与统一数据存储功能,能够将多模态数据感知模块采集到的用户数据、签约数据、算网数据等进行存储。

3.3.4 智能计算功能体

智能计算功能体基本架构如图3所示。作为实现6G网络智能服务的载体,智能计算功能体不仅可以向用户提供本地的AI能力,还能够利用分布式智能节点的协同能力向全局提供AI能力。本功能体主要由如下三大模块构成。

a) 智能调度模块。智能调度模块是智能计算功能体的大脑,其中的转译模型负责将来自能力普惠层的需求进一步拆解分析,最终转换成细颗粒度的网络能力需求。模型训练功能基于数据感知功能体提供的数据,对网络模型和环境进行评估,未来将更加关注多智能体强化学习、迁移学习、联邦学习等分布式学习。推理辅助和在线决策既可以处理网络、服务相关的AI推理工作,例如资源利用率预测等,还能够基于推理结果形成辅助建议或最终决策,例如给出当前数据包的最优路由选择。

b) 智能协同。决策方案通常需要多个功能体或

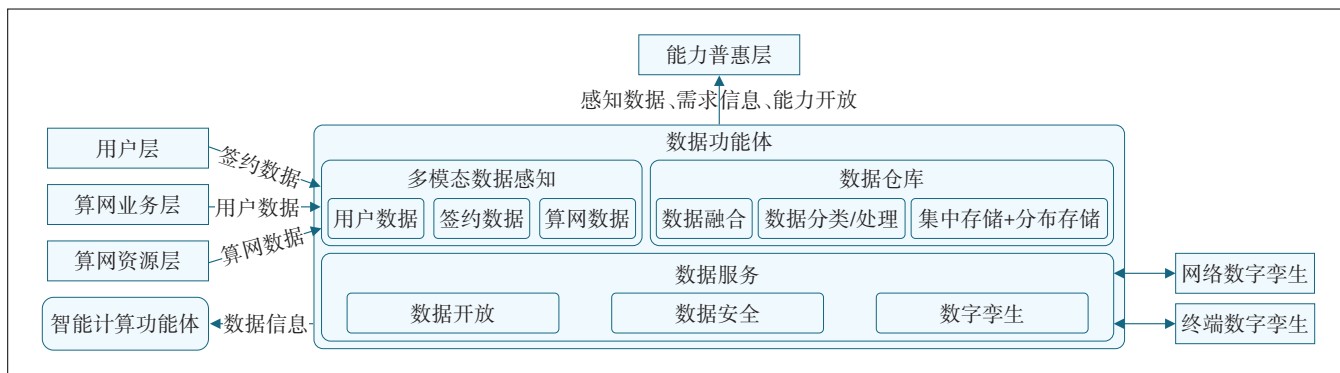


图2 数据功能体基本架构

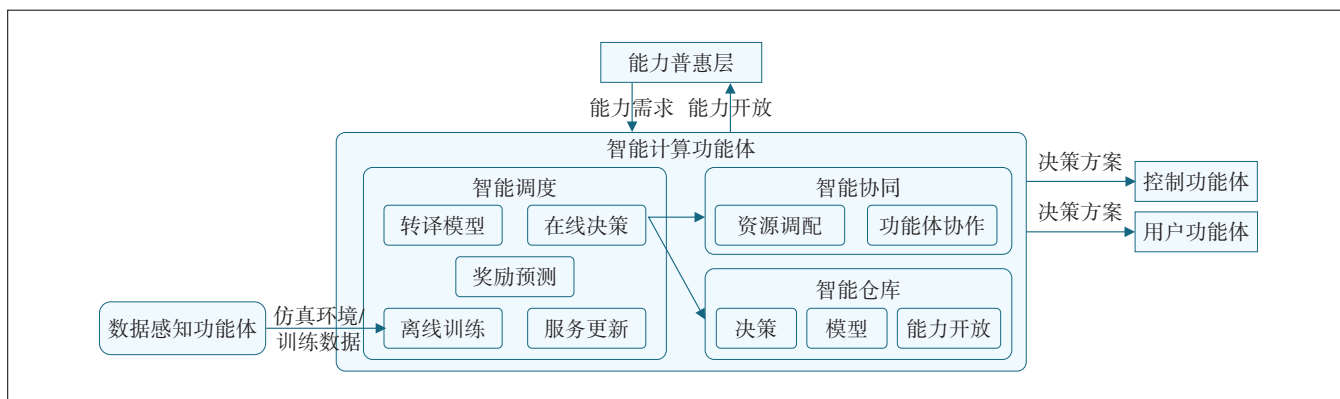


图3 智能计算功能体基本架构

不同层之间共同完成智能协同功能用于支持多个功能体之间或功能体与其他域之间的跨层跨域协同以及资源调配工作。具体包括模型训练的协同、推理与决策制定协同,以及算网资源的调配协同等。

c) 智能仓库。智能仓库模块有完善的模型库和决策知识库,其中决策知识库实现对已完成决策的管理和服务;模型仓库实现模型的查询、增删改查功能。智能仓库同时负责管理AI服务过程中获取的数据、训练好的模型、生成的知识,提高学习效率和智能化水平,实现数据和知识的双重驱动;模型和知识也会深入到边缘节点,贴近用户以满足实时等需求。

4 总结

为实现6G对各类差异化业务的高效支撑,笔者在5G核心网网络体系结构基础上提出了6G智能普惠服务架构,并对所提6G智能普惠网络的整体架构进行概览。其核心特征在于将网络架构从“网络功能为连接而设计”向“连接+AI+算力+能力开放”转变,形成架构极简、智能普惠的6G核心网架构。随后重点介绍了智能普惠层与算网业务层中四大网络功能体。最后,对四大功能体网元、接口以及流程方面进行了阐述与展望。

参考文献:

[1] 赛迪智库无线电管理研究所. 6G概念及愿景白皮书[R/OL]. [2023-01-15]. <https://www.waitang.com/report/25630.html>.
 [2] 中国移动. 中国移动6G网络架构技术白皮书(2022版)[R/OL]. [2023-01-15]. <https://www.doc88.com/p-28861584289035.html>.
 [3] ATIS. Promoting U.S. leadership on the path to 6G[EB]. [2023-01-15]. <https://www.atis.org/wp-content/uploads/2020/07/Promoting-US-Leadership-on-Path-to-6G.pdf>.
 [4] GIORDANI M, POLESE M, MEZZAVILLA M, et al. Toward 6G net-

works: use cases and technologies[J]. IEEE Communications Magazine, 2020, 58(3):55-61.
 [5] iLab. Cloud VR black edge and network delay relationship white paper[Z]. Shenzhen, China, White Paper, 2019.
 [6] 林奕琳,何宇锋,刘玉芹,等. 5G网络能力开放部署及关键技术方案[J]. 移动通信, 2021, 45(6):81-87.
 [7] 林琳,朱斌,王光全. 5G网络能力开放功能和应用研究[J]. 通信技术, 2022, 16(2):60-64.
 [8] 严学强,程冠杰,邓水光,等. 6G移动通信网络数据服务与数据面[J]. 物联网学报, 2023, 7(1):60-72.
 [9] 张雪贝,王立文,杨文聪,等. 面向5G-A及6G的用户面演进研究及趋势分析[J]. 信息通信技术与政策, 2022(9):64-70.
 [10] IMT-2030(6G)推进组. 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书[R/OL]. [2023-01-15]. <https://www.docin.com/p-2795467873.html>.
 [11] 牛霞霞,赵嵩,贺智敏. NWDAF网络数据分析功能的标准演进[J]. 移动通信, 2023, 47(1):29-33.
 [12] 3GPP. System architecture for the 5G System(5GS); Stage 2: 3GPP TS 23.501 v17.6.0[S/OL]. [2023-01-15]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
 [13] 3GPP. Architecture enhancements for 5G System(5GS) to support network data analytics services; 3GPP TS 23.288 v17.6.0[S/OL]. [2023-01-15]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
 [14] 3GPP. 5G system; network data analytics services; stage3: 3GPP TS 29.520 v16.12.0[S/OL]. [2023-01-15]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
 [15] 3GPP. Functional architecture and information flows to support common API framework for 3GPP northbound APIs; stage2: 3GPP TS 23.222 v17.7.0[S/OL]. [2023-01-15]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

作者简介:

岳毅,工程师,博士,主要从事5G/6G核心网网络架构及相关技术研究工作;张雪贝,工程师,主要从事5G/6G核心网网络架构及关键技术、面向行业边缘UPF研究工作;王立文,工程师,博士,主要从事无线核心网相关技术研究工作;杨文聪,高级工程师,主要从事移动通信新技术研究工作;张智燕,中国联通研究院研究员,主要从事通信市场发展策略及6G网络研究工作。