



综述

智能体互联网：概念、架构及关键技术

段晓东, 孙滔, 陆璐, 刘鹏, 郭楚怡, 付月霞, 杜宗鹏
(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 随着生成式人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术的发展, 基于大语言模型驱动的智能体开始涌现, 智能体间的协作通信成为未来网络发展的重要方向之一。需要在当前网络上构建新的基础设施, 引入新的接入和认证、组网和寻址、传输和控制等网络机制, 进行跨协议层的网络技术创新, 迎接面向 AI 发展的新通信范式变革。基于智能体通信的应用场景, 分析了智能体广域互联对 IP 网络的需求和影响, 提出了智能体互联网组网、架构及协议创新方向, 支撑端到端智能体通信的实现。

关键词: 智能体互联网; 组网及架构; 广域互联

中图分类号: TN915

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025221

Internet of agents: conception, architecture and key technologies

DUAN Xiaodong, SUN Tao, LU Lu, LIU Peng, GUO Chuyi, FU Yuexia, DU Zongpeng
China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: With the development of generative AI technology, AI agents driven by large language model (LLM) start to emerge, and the communication of AI agents becomes one of the most important directions for the future network. It needs to build a new infrastructure based on the current network, generate the new access and authentication technologies, new networking and addressing technologies, new data transmission and control technologies. It will bring the technological innovation across protocol layers in the network, and even trigger a new paradigm change in communication. Based on the application scenario of agent communication, the impact of agents communication on wide area IP network was analyzed, the networking, architecture and key technologies of Internet of agents were designed, to support the implementation of end-to-end agent communication.

Key words: Internet of agents, networking and architecture, wide area interconnection

入选第二十七届中国科协年会“AI时代网络技术创新”专题

收稿日期: 2025-05-18; 修回日期: 2025-06-21

通讯作者: 陆璐, lulu@chinamobile.com

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2024YFB2906700)

Foundation Item: The National Key Research & Development Program of China (No.2024YFB2906700)



0 引言

近年来,得益于大语言模型 (large language model, LLM) 的进展,基于大语言模型的智能体在各种应用中展示潜力,从充当自主通用任务助手,到在编程、社交和经济领域的应用,基于大语言模型的智能体提供了广泛的探索机会。智能体具备自主性、感知力、决策力以及行动力等特征,系统架构包含规划、存储、反思、环境、行动5个关键部分,能够感知自身环境并自主采取行动,被视为通往通用人工智能 (artificial general intelligence, AGI) 的一条潜在路径^[1]。其中,基于大语言模型的智能体能够将大语言模型所固有的复杂语言处理能力与自主决策框架相结合,生成需要顺序推理的复杂文本输出,展现出如前瞻性规划、保留过往交互的上下文记忆等能力^[2]。与标准大语言模型的区别在于,基于大语言模型的智能体的架构组成和操作能力主要侧重于根据输入提示生成文本,而智能体则旨在现实世界环境中自主运行,完成更加复合型的任务^[3]。第三代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 已经开始定义关于智能体应用的场景和需求标准,作为6G的典型场景之一^[4]。

在实际应用中,部分任务可以由单智能体完成,通过与外部环境的感知,基于大语言模型的语言理解能力、生成能力等不断反思完成自闭环。同时,由于每个智能体往往只擅长特定领域的一件或者一类任务,复杂事件的完成需要多个不同功能的智能体一起完成。文献[5]提出从智能体的粒度、知识异构性、通信协议等方面建模多智能体系统。其中,智能体协议的研究和制定是工业界研究的热点,定义了智能体之间以及智能体与外部系统之间进行结构化通信的规则、格式和程序,解决了智能体系统在单一架构下无法实现的成果,在多个专门的系统之间分配推理任务^[6]。当前,不同公司纷纷推出了支持智能体互

联的协议,可以分为上下文协议和智能体交互协议两类,其中前一类比较典型的有 Anthropic 的模型上下文协议 (model context protocol, MCP),后一类比较典型的有智能体网络协议 (agent network protocol, ANP)、谷歌的智能体对智能体协议 (Agent2Agent, A2A) 等。参照开放系统互连 (open systems interconnection, OSI) 体系结构,这类协议均是智能体交互协议。

在多智能体协作中,除了智能体交互协议,还包括智能体网络互联协议,通过局域网或广域网建立连接从而协同完成任务。局域网互联协议可以是 Wi-Fi、Ad Hoc、Ethernet 等,广域网一般涉及运营商城域网及骨干网,其主要承载协议为互联网传输控制协议/网际协议 (transmission control protocol/Internet protocol, TCP/IP) 体系。互联网作为连接全球各个网络的基础网络,自诞生之日起保持着“IP 细腰”的设计理念,即使用统一且简单的地址协议连接所有网络设备,且在近几十年一直保持着演进发展的原则。互联网协议的核心技术包括“编址”“域名”和“路由”,其中编址主要包括 IPv4 向 IPv6 演进,域名解析一直以域名系统 (domain name system, DNS) 为基础^[7],路由技术包括域间路由边界网关协议 (border gateway protocol, BGP)^[8]和域内路由内部网关协议 (interior gateway protocol, IGP)^[9-10]。近年来,各种垂直行业应用与业务对网络基础设施端到端时延/抖动、功能逻辑等提出了更加多元化、定制化需求,推动着互联网体系结构的进一步发展。

智能体的广域互联会催生新的报文流量、收发控制等行为,从而引发互联网地址命名、报文转发、流量控制等方面的新改变。国内外纷纷涌现了面向智能体互联网 (Internet of agent, IoA) 的研究,文献[11]提出了智能体互联网将基于云网络构建,底层由基础互联网支撑,展望了多种类型智能体依托互联网进行互联协作完成任务;文献[12]定义了智能体互联网的概念,提出了智

能体互联网架构，包括资源层、管理层、协作层、服务层、用户层，并构想5类智能体互联网的应用场景和流程；文献[13]在其基础上进一步提出了面向智能体互联网的智能体协作协议体系，并提供了基于智能体互联网协议族（agent collaboration protocol, ACP）的智能体互联网应用场景实现流程示例。

本文在近期工作的基础上，进一步分析了智能体互联的场景和需求，提出智能体互联网的组网和架构，并提出了相应的核心技术和演进方向，助力智能体的进一步应用和推广。

1 智能体互联的技术挑战和机遇

根据智能体任务的差异、所需智能体数量的不同以及其建立连接的网络范围不同，智能体的通信和互联共有3种模式。

模式一：单智能体通信。主要解决智能体与外部环境的交互，接收其他智能体的信号等。适用于为用户提供特定服务的智能体，该智能体擅长某一类任务，但通常需要等待用户的需求触发。

模式二：智能体局域互联。主要解决智能体之间在小范围内组队协作完成任务。适合单用户的多个智能体长期组队，如家庭内智能管家、机器狗等组成的任务联盟；或者多用户的智能体临时组队，如多用户野外露营时多个机器狗组成的巡查小队。

模式三：智能体广域互联。主要解决智能体之间在广域网内组队协作完成任务。适合单用户或多用户共同完成的复杂异地任务，如用户举办多方线上会议、在异地举办大规模线下会议以及

完成点到点的社交任务等。

可以预见，未来将出现大量具身物理智能体和软件智能体互相通信协作的场景。与当前网络中主要是下行的视频流量不同（约占70%），智能体互联将产生多样化的上下行对等流量，包括文本、语音、图片、视频等。不同类型流量统计特征见表1，这些流量的特征各异，对网络的带宽、时延、丢包等基础资源的要求不同，将对智能体的组网协议、能力发现、流量控制、协议扩展、运维管理等技术提出新的挑战。

（1）高频低时延的组网和通信。在智能体接收到任务之后，需要以任务驱动随时选择其他智能体进行组网，任务完成后即解散。这些智能体之间建立连接后会进行频繁的信息交互，需要快速无缝通信，单消息时延以及总体任务完成时延需要满足用户要求。

（2）高复杂度的标识和能力解析。在智能体接收到任务并选择协同对象时，通常需要掌握网络中智能体的能力或服务信息。不同于当前通过域名解析获得地址进行通信的方式，智能体可能需要进行能力归类并作为新的属性标签，这需要统一地对智能体进行信息分类和纳管。

（3）难以预测的超高并发连接。以用户为中心的流量呈现泊松分布属性，其随机和离散特性较强^[14-15]，总体上呈现较为平均或可预测特性。智能体之间的通信流量可能出现瞬时超高并发，例如，在某个特定的时间节点大量智能体对广域网中某一类接口进行频繁调用，产生不可预测的高并发连接。

表1 不同类型流量统计特征

流量类型	突发间隔	平均码率	数据量/Mb	总报文数	上行占比	特征
短视频点播	12 s	0.91	352	17 571	17%	长连接，突发间隔长
视频直播	200 ms	2	256	14 013	34.7%	长连接，突发间隔短
图片问答	事件触发	15~70	1~23	1 000~3 000	50%~60%	短连接，事件触发
图片生成	事件触发	0.02	20~30	1 500	8%	较长连接，可复用
视频对话	秒级	2	304	33 711	65%	多连接



(4) 自适应的网络转发与控制。智能体之间交互的内容可能是自然语言,也可能是带有人工智能特征的token、prompt、特征、文本、图片等多类型数据。不同于人之间的通信,智能体在通信过程中并不需要传递完整的信息,且会有临时协商传递的内容,因此需要网络协议具有一定的自适应性。

(5) 异质流量的二象性协同。传统通信以人为中心产生,智能体会自发产生相互通信、工具调用等隐性流量^[16]。未来在广域网中这两类流量会长期共存,且对于带宽、时延、丢包等性能的要求不同,需要做好协同管理。

(6) 网络智能化的运维管理。由于智能体的加入,网络中存在新型流量对网络的运维和管理提出新需求。而智能体同样可以存在于网络基础设施中,以网络能力智能体的身份,助力网络的故障定位、可视化管理等,提升网络以及其互联的各类算力和存储资源利用效率。

这些要求对构建新的智能体互联网络架构、控制面和转发面以及网络基础设施的升级演进带来新需求,也是互联网再一次升级演进的机遇。

(1) 智能体互联对网络组网和架构提出新要求:智能体会以任务为驱动进行灵活组网,网络架构需要高扩展性以支持多样化的接入方式,需要为智能体互联通信构建专用的网络通道,同时需要协同管理用户流量和智能体流量,实现多种类型流量的按需隔离。

(2) 智能体通信需要构建全新的控制和转发机制:智能体的泛在性需要新的标识、接入和认证机制,其流量会呈现新的报文大小分布、突发和并发规律等特性,需要构建全新的智能体网络数据面和控制面以支持高效的互联和通信。

(3) 网络将向着更加简洁和高效的智能化演进:随着智能体应用的不断发展,网络作为基础设施也会呈现智能化的趋势,网络设备需要支持智能体能力的集成,实现网络转发与计算任

务的一体化信息处理,同时解决故障定位等问题,实现高效运维。

2 智能体互联网的概念、组网及架构

智能体互联网:一种基于IP基础网络构建的面向智能体互联的新型overlay网络。支持传统的IP地址、域名、路由协议,保持开放、可互操作的传统互联网的特性;支持新的智能体应用标识、认证、授权、寻址、能力调用等机制,满足智能体间灵活组网、自主通信、海量并发等需求;支持网络设备及组件的智能体化演进,具备高效转发、自主运维、网内计算等功能。

基于上述概念定义,本文提出智能体互联网组网和架构,进一步明确智能体广域互联的网络层级和功能架构,作为其技术体系构建和实现的基础。

2.1 组网视图

智能体互联网需要基于当前的互联网基础设施,并围绕智能体新的报文特征和流量行为进行构建,其组网视图包括广域基础网络、智能体使能网络、智能体互联网以及智能体任务网络。智能体互联网组网视图如图1所示。

(1) 广域基础网络:由路由器、网络控制器等构成的基础设施,也是当前网络运行的基础设施,采用IPv4/IPv6作为地址,配合DNS域名解析以及BGP/IGP等域间和域内路由技术,保障各类通信主体的互联性、可达性。

(2) 智能体使能网络:网络中集成智能体能力,基于当前的控制器、路由器设备升级,包括可视化智能体、网络运维智能体、高性能转发智能体,可进一步提升基础网络的各项能力,更有利于支撑智能体互联行为的基础设施构建。

(3) 智能体互联网络:为智能体通信构建的新型网络,包括智能体专用身份标识号(identity document, ID)、智能体服务发现机制以及智能体路由等全新能力。一方面,智能体互联网络以

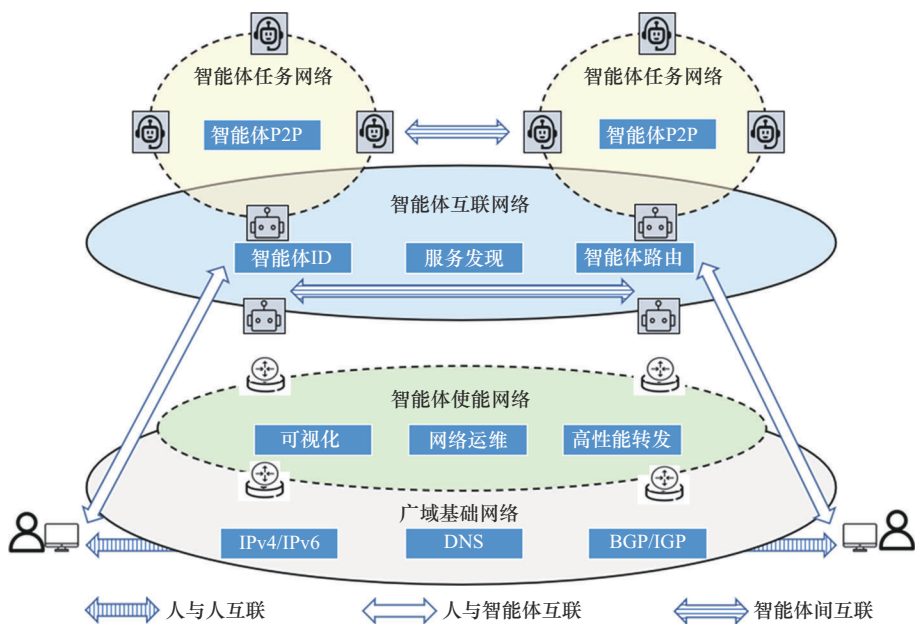


图1 智能体互联网组网视图

广域基础网络和智能体使能网络为基础；另一方面，智能体互联网络作为智能体执行具体任务的基础设施，提供各项新型能力。

（4）智能体任务网络：智能体之间由具体任务临时组建的网络，基于智能体互联网络提供的能力，其通信模式更多的可能是点对点（peer-to-peer，P2P）模式，可避免集中式组网和通信的低效以及高并发拥塞问题。

智能体互联网中包括人与人互联、人与智能体互联、智能体间互联，其主要承载网络以及协议有所不同。人与人互联基于广域基础网络接入，采用目前的互联网协议，信息传递内容与目前无较大差异；人与智能体互联从广域基础网络接入智能体互联网络，可采用目前的互联网协议，信息传递内容为人对智能体发出的指令，以及智能体的反馈结果；智能体间互联主要流量以及交互内容发生在智能体互联网络，采用智能体间通信专用的协议，包括标识、寻址等。

2.2 架构视图

基于智能体互联网组网，其架构包括基础网络、计算、存储等资源的互联，通过智能体使能

网络支撑智能体的互联与调度，并由运营服务层进行统一的服务编排与能力开放，智能体互联网架构视图如图2所示。

（1）基础资源层：对应于智能体互联网组网中的广域基础网络，由异构网络以及其连接的多样算力、存储等各类资源构成，支持多种接入方式。可演进为智能体使能网络，对算网存等异构资源进行编排调度，动态提供智能体服务所需的资源。

（2）互联调度层：对应于智能体互联网组网中的智能体互联网络，以及以之为基础构建的智能体任务网络层，包括智能体资源调度和智能体服务调度。包括智能体标识与解析、智能体接入与发现、智能体组网与转发以及智能体传输与控制等多项能力，共同支撑智能体服务的编排与运营。

（3）运营服务层：在智能体互联网组网之上构建的运营服务能力，包括智能体服务编排、智能体服务运营、智能体服务计费等功能，为智能体用户提供统一的服务运营入口。同时提供智能体能力开放功能，为智能体能力调用提供统一平台。

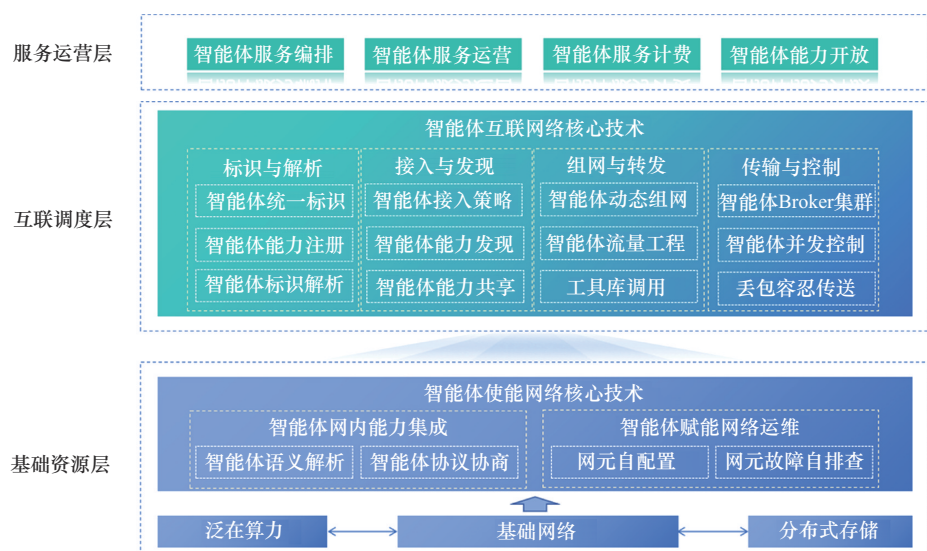


图2 智能体互联网架构视图

3 智能体互联网关键技术

智能体互联网主要服务于以智能体为中心的互联协作所需技术,包括新型的智能体标识和域名解析能力,高效的智能体接入和能力发现,以任务为中心的灵活组网和流量转发,以及面向智能体自主流量的超高并发传输控制。

3.1 标识与域名解析

智能体互联网基于广域基础网络,发展前期仍遵循互联网基础协议,类比于互联网中用户通过域名请求目标服务,仍然采用基于IP的域名机制。智能体通过请求“智能体域名”,由统一域名映射系统获取目标智能体的IP地址。与现有域名命名机制为了方便人类记忆理解不同,智能体互联可引入适用于智能体记忆理解的域名命名机制,需要有统一的智能体域名管理中心,根据不同的智能体服务类型下发“智能体域名”,智能体标识与域名解析如图3所示。

一方面,需要考虑“智能体域名”与当前DNS的兼容性,可以通过增强DNS引入智能体域名解析能力,新增基于“智能体域名”的信息资源记录,存储“智能体域名”与IP地址的映射关系。同时,为了提高响应和解析速度,智能体

域名解析也可以分级、分区域进行,确保域名解析的稳定性和可扩展性。另一方面,可以考虑维护更多的智能体信息,如智能体能力和性能信息,结合需求信息进行更灵活、智能的域名映射。由于智能体互联网中DNS解析请求由智能体发起,为了系统安全性,考虑对智能体域名解析和响应请求通过标识进行区分,进而新增智能体数字身份验证流程,确保可信的DNS请求来源。

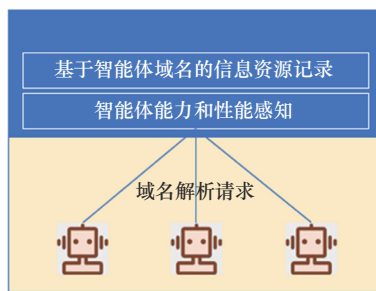


图3 智能体标识与域名解析

3.2 接入与服务发现

面向多智能体协同发展的趋势和需求,如何快速、精确发现合适的智能体开展任务协作,是智能体互联网中的重要问题。与现有服务对外提供一种服务不同,智能体可以对外提供多种服务,而当前网络中缺乏面向不同主体、不同类型智能体的统一智能体发现机制。因此,考

虑引入新的智能体服务发现机制，维护全网的智能体能力列表，为智能体的动态调度、能力开发提供基础，智能体接入与服务发现如图4所示。

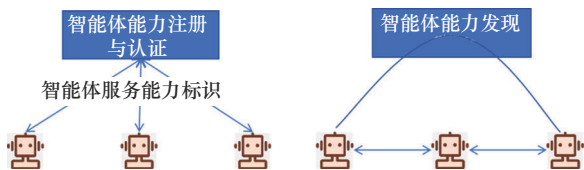


图4 智能体接入与服务发现

需要引入智能体服务能力的统一标识信息，考虑将智能体能力分为自身能力、对外开放能力两大类。自身能力可用于智能体维护、管理、监控等，供智能体管理平台调用；对外开放能力基于统一的智能体服务标识，以标识同一类智能体服务能力。在智能体注册阶段进行服务能力的初始化注册和动态更新，维护智能体的数字身份信息、能力列表信息、地址信息等。此外，需要考虑智能体的绑定信息或归属信息，区分该智能体是专属智能体还是共享智能体，维护各项智能体服务能力的绑定占用信息。智能体的发现在广域环境下需要通过统一的平台进行远程协作，例如，在可信环境内，通过智能体之间信息交互，完成双方的能力发现。

3.3 组网与流量转发

面向智能体的广域互联网将带来新的流量模式，与传统C-S通信流量模式不同，在以智能体为中心的流量模式中，C-S身份在不同场景下将切换为S-C身份，从以C-S的下行流量为主，演变为C-S+S-C的双向流量，智能体组网与流量转发如图5所示。因此，传统的流量优化等聚焦下行流量的优化机制将无法满足需求，需针对上行流量也进行相应优化。

智能体之间的通信会触发智能体与工具库之间的调用流量，引入隐形流量；而智能体与工具库之间的流量转发性能将影响整个智能体协作任

务的性能，因此，同样需要保障隐形流量的转发性能。考虑对同一会话中的智能体互联流量、智能体与工具库之间的流量进行统一标识，确保同样的服务水平协议（service level agreement, SLA）保障，避免智能体与工具库之间的隐性流量影响整体任务性能。

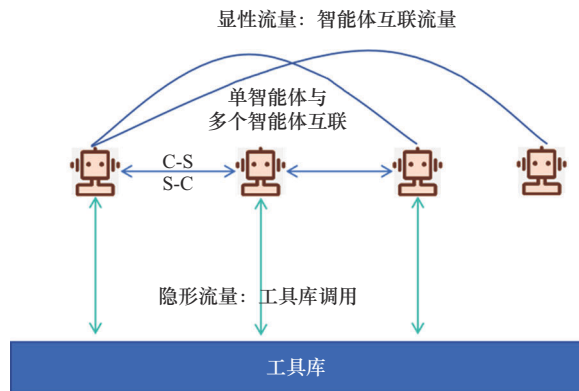


图5 智能体组网与流量转发

此外，单个智能体会同时与多个智能体建立连接并开展会话，因此单智能体的多会话之间存在资源竞争，包括网络、算力和存储资源竞争，需明确会话的优先级，进行单智能体的资源规划。不同类型的智能体会话对应不同类型的流量，对于短时高频流量、长时低频大数据流量，智能体之间可以协商不同的通信协议，因此，单智能体需要支持适配不同协议的能力，并支持同时运行不同协议。

3.4 传输与并发控制

智能体在接收到人的指令后，会以机器通信的方式继续分解并执行后续任务。以人为基础的通信通常可以看作单线程，而智能体则以多线程并行的方式执行。所以，当网络中存在大量智能体通信行为，在智能体互联网络中将建立海量的链接，且会和多个大模型互联以支撑其执行各项任务。而推理引擎也正呈现泛在部署的趋势，综合来看，高并发连接管理将成为挑战，对智能体组网提出新要求。



可以考虑构建智能体代理集群,将多个用户的智能体请求收集处理,大模型在其中部署代理中间件,实现“终端-代理中间件-远端服务器”的连接管理和优化,满足海量智能体终端高并发连接的性能需求。用户向智能体发送的任务,智能体将其拆解为多个子任务,每个子任务都需要访问多个外部网络进行信息收集。这时智能体代理将汇总需求,并统一进行外部网络的访问,从而减轻多智能体并发产生的压力。智能体传输与并发控制如图6所示。

4 智能体互联网演进技术

4.1 智能体赋能网络运维

在网络管理和运维中,需要进行入网验收、网元配置、设备升级、故障定界定位等操作。未来网络中,网元设备具有高度智能化,可以自主完成网络运维的一些场景任务,代替人工重复性工作,可以提升运维效率。在广域网中,由于不同场景的复杂度和特点,一般智能化的网元设备在网元自配置和网元故障自排查场景中实现自动化操作。

(1) 网元自配置。当新设备入网或者用户需求变更时,往往需要现有设备进行业务开通、路由发布等更新操作。智能化设备可通过订阅设备入网通知,自主启动相关操作,进行策略核查,查询相关配置完成操作。通常在运维中,相关操作是通过割接完成,需要提前制定割接方

案,生成配置脚本。智能体基于大模型的生成能力,可以针对本次任务的目标,结合知识库中的案例自动生成割接方案与脚本,并在自检验中不断优化和纠错。智能化设备能自主实施方案,调用应用程序接口(application program interface, API)或者小模型完成相应操作,并且可以调用数字孪生网络平台,进行配置稽核测试,通过后完成配置下发。

(2) 网元故障自排查。网元正常运行中,设备上报告警需要进行故障排查、定界定位。智能化网元接收到地址冲突、误码越限等告警通知时,可以基于知识库中的故障案例、产品手册生成排查方案,并查询调用设备信息,执行相应步骤,并返回结果。由于告警的出现往往不是单一的,通常一处或者多处故障,会引发多个设备告警,故障排查需要串联多网元多系统,结合不同指标、性能等完成。智能化网元之间可以互通各自设备的信息和自查结合,上报网管级智能体进行综合判断。此外,还可以辅助实现割接自动值守、参数对比等流程监控功能。在故障排查结束后,将本次排查的告警情况、故障描述、定界定位结论等自动生成故障报告并存入案例库中。

4.2 智能化网络设备

随着智能体应用的发展,其感知、决策与调动能力的成熟,智能体将与网络深度融合,推动网络服务从现有被动响应模式向主动执行

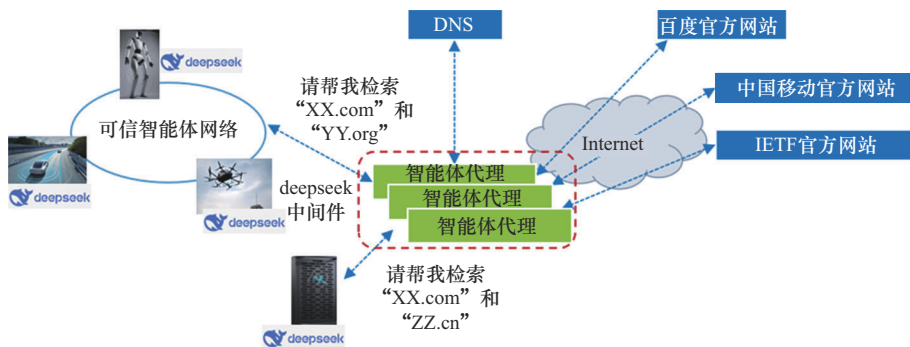


图6 智能体传输与并发控制

跃迁,提升网络智能化水平。按照基础网络演进的形式,首先智能体会在控制面集成,通过更高效的网络配置实现语义互通;而后转发面也会集成智能体能力,实现超高速的信息转发和跨域协同。

(1) 控制面集成智能体。控制器主要执行配置功能,面向广域网首先要进行语义配置,帮助智能体之间进行高效协作,包括基于意图的自主交互和灵活组网。同协议语义通信中,仅允许采用同种协议的智能体互传语义。要实现协议异构的智能体互联,必须引入额外的协议转换设备,使得网元之间能够利用深度神经网络的多层结构和层次化抽象机制与信息处理的层次化机制共通,为从根本上解决通信网络中跨系统、跨协议、跨网络不兼容难互通问题提供新思路^[17]。

(2) 数据面集成智能体。在转发设备集成智能体,一方面可以方便转发设备与网络管控节点的灵活通信,另一方面也可以使能转发设备之间的多维感知、流量调优和任务协同,提升网络的运维效率和转发效率。面向算网智一体化演进,可以配合算力路由、在网计算^[18-19]等算网融合技术,在网络入口节点通过用户需求和算网状态的综合感知优化用户流量调度,避免网络资源和算力资源的局部过载,提升用户体验;还可以在网内集成算力能力,使能“转发及计算”的新型算网一体化模式,从算网全局进行任务优化。

5 结束语

智能体应用将成为未来互联网发展的主要业务,带来互联网服务对象、通信模式、组网协议等多方面的技术创新,是下一代互联网在未来10年面向协议层5层的重大发展方向。本文介绍了智能体互联网的场景、需求和挑战,初步提出智能体互联网的概念、组网和架构,其组网包括

广域基础网络、智能体使能网络、智能体互联网以及智能体任务网络,架构包括基础资源层、调度编排层和运营服务层。同时,本文针对智能体互联网的标识与域名解析、接入与服务发现、组网与流量转发、传输与并发控制等关键技术以及网络的智能化发展提出创新思路。在后续工作中,将基于智能体互联网架构框架进一步细化,阐述智能体互联网的技术、协议及参考实现。

参考文献:

- [1] CHENG Y H, ZHANG C Y, ZHANG Z W, et al. Exploring large language model based intelligent agents: definitions, methods, and prospects[EB]. 2024.
- [2] HONG S R, WANG X W, YANG M Y, et al. Metagpt: Meta programming for multi-agent collaborative framework[EB]. 2024.
- [3] YANG Y X, CHAI H C, SONG Y Y, et al. A survey of AI agent protocols[EB]. 2025.
- [4] 3GPP. Study on 6G use cases and service requirements. Stage 1 (Release 20): TR 22.870[S]. 2025.
- [5] DECKER K S. Distributed problem-solving techniques: a survey[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1987, 17(5): 729-740.
- [6] CHEN W Z, YOU Z M, LI R, et al. Internet of agents: weaving a web of heterogeneous agents for collaborative intelligence[EB]. 2024.
- [7] IETF. DNS encoding of network names and other types: RFC 1101[S]. 1989.
- [8] IETF. Border gateway protocol (BGP): RFC 1105[S]. 1989.
- [9] IETF. OSI IS-IS intra-domain routing protocol: RFC 1142[S]. 1990.
- [10] IETF. OSPF specification: RFC 1131[S]. 1989.
- [11] Cisco. The internet of agents white paper[S]. 2025.
- [12] 刘军,禹可,陈科良,等. 智能体互联网—定义、架构与应用[EB]. 2025.
LIU J, YU K, CHEN K L, et al. Intelligent agent Internet—definition, architecture and application[EB]. 2025.
- [13] 刘军,禹可,陈科良,等. ACPs:面向智能体互联网的智能体协作协议体系[EB]. 2025.
LIU J, YU K, CHEN K L, et al. ACPs: agent collaboration protocol system for agent-based internet[EB]. 2025.
- [14] CRUZ R L. A calculus for network delay. I. network elements



- in isolation[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1991, 37(1): 114-131.
- [15] CRUZ R L. A calculus for network delay. II. network analysis[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1991, 37(1): 132-141.
- [16] 中国移动研究院. 智能体通信网络(ACN)白皮书[R]. 2024. China Mobile Research Institute. AI-agent communication network paper[R]. 2024.
- [17] 孙亚萍, 崔曙光, 张平. 面向语义通信的语义知识库综述[J]. 中兴通讯技术, 2023, 29(2): 19-23.
SUN Y P, CUI S G, ZHANG P. Survey on semantic knowledge base for semantic communications[J]. ZTE Technology Journal, 2023, 29(2): 19-23.
- [18] IETF. Official website of the IETF computing-aware traffic steering (CATS) working group[S]. 2025.
- [19] WANG X Y, DUAN X D, YAO K H, et al. Computing-aware network (CAN): a systematic design of computing and network convergence[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2024, 25(5): 633-644.

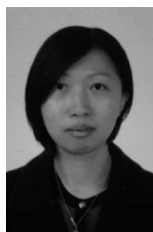
[作者简介]



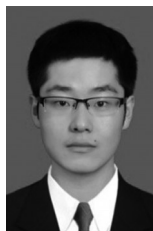
段晓东 (1977-), 男, 中国移动通信有限公司研究院副院长、正高级工程师, 主要研究方向为算力网络、6G网络架构、下一代互联网、4G/TD-LTE网络、5G网络架构设计与核心技术等。



孙滔 (1981-), 男, 博士, 中国移动通信有限公司研究院正高级工程师, 主要研究方向为5G-Advanced、6G网络架构、未来网络、算力网络新技术。



陆璐 (1979-), 女, 中国移动通信有限公司研究院基础网络技术研究所副所长、正高级工程师, 主要研究方向为移动核心网、未来IP网络、算力网络及算网一体新技术。



刘鹏 (1991-), 男, 中国移动通信有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为下一代IP技术、算力路由及算网一体前沿技术和应用。



郭楚怡 (1992-), 女, 中国移动通信有限公司研究院研究员, 主要研究方向为网络智能化、下一代互联网、算网一体新技术。



付月霞 (1997-), 女, 现就职于中国移动通信有限公司研究院, 主要研究方向为算力网络、未来网络前沿技术。



杜宗鹏 (1981-), 男, 中国移动通信有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为算力网络、未来IP网络、确定性网络等。