



XXXX

面向6G核心网的内生智能体架构与意图驱动子网生成机制

李紫燕^{1,3}, 谷肖飞^{1,3}, 李慧欣^{1,2}, 王亚鹏³, 艾明¹

1. 中信科移动通信技术股份有限公司创新中心, 北京 100085;
2. 无线移动通信国家重点实验室 (电信科学技术研究院有限公司), 北京, 100191;
3. 大唐移动通信设备有限公司, 北京, 100083)

摘要: 为实现IMT-2030 (6G) 普惠智能愿景, 提出一种内生智能 (AI-Native) 核心网架构, 该架构具有多智能体协同特征。基于服务化架构, 通过定义意图受理 (AIEF)、智能控制 (ACF) 与资源管理网络功能 (ARMF) 等核心网络功能, 构建了面向6G场景的内生智能网络架构。为验证架构可行性, 选取意图驱动子网生成任务作为典型任务, 搭建整体系统验证架构所提注册、编排、UE接入基本功能。针对6G逻辑子网构建需求, 设计了由ACF全程协调保障的两阶段多智能体协同的子网生成机制, 并在单卡RTX4090D下开展仿真实验与性能评估工作。在意图解析阶段, 利用大模型常识推理能力将非结构化意图解析收敛为标准化策略契约, 推理时延平均为1744.9ms; 在子网规划与生成阶段, 由两个智能体协同推理完成子网自动化规划与生成, 子网生成时延平均为185.7ms, 1000条不同意图的子网生成成功率为96.6%。验证表明, 所提架构与机制可实现基于自然语言的意图表述到子网实例的生成闭环, 验证了未来网络引入AI智能体实现内生的可行性。

关键词: 6G; 移动通信网络; 意图驱动; 子网生成; 智能体

中图分类号: TN929.5; TP18

文献标志码:

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.

Endogenous Intelligent Agent Architecture and Intent-Driven Subnetwork Generation Mechanism for 6G Core Networks

LI Ziyang^{1,3}, GU Xiaofei^{1,3}, LI Huixin^{1,2}, WANG Yapeng³, AI Ming¹

1. Innovation Center, CICT Mobile Communication Technology Co., Ltd., Beijing 100085, China
2. State Key Lab of Wireless Mobile Communication, China Academy of Telecommunications Technology, Beijing 100191, China
3. Datang Mobile Communications Equipment Co., Ltd, Beijing 100083, China

Abstract: To realize the IMT-2030 (6G) vision of ubiquitous intelligence, this paper proposes an AI-native core net-

收稿日期: 2026-02-28; 修回日期: 2026-03-20

通信作者: 谷肖飞, guxiaofei@cictmobile.com

基金项目: 移动信息网络国家科技重大专项 (2026ZD1307000)



work architecture featuring multi-agent collaboration. Built upon a service-based framework, the architecture introduces three core network functions: Intent Awareness (AIEF), Intelligent Control (ACF), and Resource Management (ARMF). To validate the architecture, an intent-driven subnet generation task is selected as a representative use case, and a two-stage multi-agent collaborative mechanism coordinated by ACF is designed. Experiments conducted on a single RTX 4090D show that in the intent parsing stage, a large language model leverages commonsense reasoning to convert unstructured intents into standardized policy contracts, achieving an average inference latency of 1744.9 ms. In the subsequent subnet planning and generation stage, two AI agents collaboratively automate the subnet generation process, with an average latency of 185.7 ms. Across 1,000 diverse intents, the subnet generation success rate reaches 96.6%. The results confirm that the proposed architecture enables a closed loop from natural-language intent to subnet instance generation, validating the feasibility of embedding AI agents as native components in future networks.

Key words: 6G, mobile communication network, intent-driven, subnet generation, AI Agent

0 引言

面向 2030 年的 IMT-2030 (6G) 框架确立了从“基础连接”向“普惠智能”演进的愿景。该框架要求人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 作为原生能力深度融入网络架构, 使网络具备内生智能 (AI-Native) 能力, 从而驱动业务交付模式从资源分配向任务自治转变^{[1][2]}。随着大模型 (Large Language Model, LLM) 与智能体 (AI Agent) 技术的成熟, 网络 AI 的应用形态正从“离散式模型调用”向“协作式多智能体体系”演进^[3]。为应对面向 6G 特征的去中心化与灵活多变的挑战, 构建支撑意图驱动与自生成子网的智能体协作体系, 是实现智能化转型的关键路径。

然而, 现有网络智能方案多侧重单点任务优化, 缺乏跨域协同与复杂任务拆解能力^[4]。如何将用户自然语言意图精准转化为底层网络配置, 并自动化生成满足服务等级协议 (Service Level Agreement, SLA) 的分布式子网, 仍面临两大核心挑战: 一是能够在兼容服务化架构 (Service-Based Architecture, SBA) 前提下将智能体能力融入核心网; 二是解决高层语义不确定性与底层配置确定性之间的根本性冲突, 实现意图解析与资源分配的闭环协作。

本文的主要工作如下:

(1) 提出了一种基于 SBA 的内生智能 6G 核心网架构, 具有多智能体协同特征。通过新增智能体相关功能实体, 使网络具备智能体接入网络并协同完成任务的能力。

(2) 设计了两阶段意图驱动子网生成机制。通过设计智能体控制功能, 并引入意图解析智能体、子网规划智能体及子网生成智能体, 实现多智能体协作完成意图驱动的子网生成任务。

(3) 构建了基于 LangChain 的智能体控制功能实现框架。利用任务拆解链式组合与相关智能体调用实现任务的确定性控制。

(4) 搭建了原型系统并完成验证。通过对所提 6G 核心网架构的搭建, 实现了从智能体接入、意图解析到子网生成及终端接入的全流程验证, 证实了架构在面向 6G 的意图驱动子网生成场景下的可行性, 并通过仿真实验验证了所提多智能体协同机制的高效性和稳定性。

1 相关工作

1.1 AI Agent 研究进展及其面向 6G 的应用探索

智能体研究正从“单模型对话”向“具备感知、规划、执行与反馈闭环的自治体”演进。文献[5]对 LLM-based autonomous agents 进行了系统综述, 提出覆盖角色设定、记忆、规划与行动的统一分析框架。在单智能体能力增强方面, Re-

Act 方法将推理与行动交替组织,使智能体在任务执行中可动态调用外部工具,提升决策可解释性与任务完成效果^[6]; Voyager 则通过自动课程生成与技能库积累,验证了 LLM Agent 在开放环境中的持续学习能力^[7]。在多智能体协作方面, CAMEL 框架提出基于角色扮演的通信协作机制,支持多智能体在较少人工干预下完成协同任务^[8]。

面向 6G 网络场景,相关研究以架构探索为主。文献[9]分析了 LLM Agent 与 6G 网络融合的关键问题,从感知与对齐角度讨论了 RL Agent 与 LLM Agent 两类范式,并提出端-边-云协同的系统设计思路。

现有 AI Agent 研究已在推理-行动闭环、多智能体协作与工具调用方面形成方法基础,但“如何在未来网络架构中引入智能体”仍是一个值得研究的问题,这也构成了后续内生智能架构研究的重要方向。

1.2 3GPP 6G 网络架构标准研究进展

在 3GPP Release 20 启动的 6G 系统架构研究中, AI 已被确立为关键议题,并形成面向核心网 AI 赋能与面向网络支撑 AI/智能体两条并行研究主线^[10]。其中,文献[11]聚焦 AI 能力在 6G 核心网中的可互通、可靠与可持续部署,明确提出当 UE 或 AF 携带意图发起请求时,需规范意图表达方式以确保核心网内 AI 能力实体能够无歧义理解;同时,该议题推动将网络过程与能力抽象为可调用的工具,支持运行时动态组合 workflow,从而实现按意图驱动的流程编排与闭环治理。文献[12]则关注端-网-云多智能体协作机制,涵盖 UE 侧智能体的发现与通信、面向 AF 的能力暴露增强,以及核心网提供训练与推理等网络侧 AI 服务;该议题进一步讨论通过引入“翻译函数”将核心网服务抽象为智能体可理解的交互形式,以降低异构智能体与网络功能之间的集成门槛。

现阶段 3GPP 相关工作仍处于研究与待立项讨论阶段,更多体现为标准化趋势与架构方向的

指引,为意图解析、能力抽象、子网生成与执行治理等工程化实现提供了可参考的框架基础。

2 面向 6G 核心网的多智能体内生协同架构

2.1 整体架构设计

面向 6G 按需供给与智能化演进需求,6G 核心网需要从“面向接口的能力调用”进一步走向“面向目标的自动生成与闭环优化”^[13]。在 3GPP 的 5G 核心网服务化架构 (Service-Based Architecture, SBA) 中,已具备了标准网络功能 (Network Function, NF),如会话管理、策略控制、切片选择与数据分析 (NWDAF) 等,其在网络与 AI 融合方面,已经通过叠加网络功能的方式,实现了数据收集和存储、模型训练、数据分析结果呈现及应用等功能,通常被称为外挂式 AI。面向 IMT-2030 的场景和需求,中信科移动提出了一种智能内生、通感融合、智算融合的新型 6G 核心网架构^[14],本文基于该架构,针对智能体相关功能的融入方式进一步细化,提出一种面向 6G 核心网的内生智能体及相关能力的架构选项:该架构选项通过引入与智能体相关的功能实体,构建多智能体协作的体系化能力。如图 1 所示,本文在核心网中引入一个智能体功能域,该域包含一类意图相关功能实体,两类智能体相关功能实体,共同参与智能体的协同调用。

(1) 意图接口 (AI-Enhanced Intent Function, AIEF) 作为意图接入的统一入口,负责接收上层意图语义,并将意图传递给核心网相关功能实体;

(2) 智能体控制功能 (Agent Control Function, ACF) 作为新增体系的调度中枢,具备意图受理、任务拆解、智能体选择与任务收发四个子功能,承担意图驱动任务的组织协调与闭环优化;

(3) 智能体注册与管理功能 (Agent Regis-

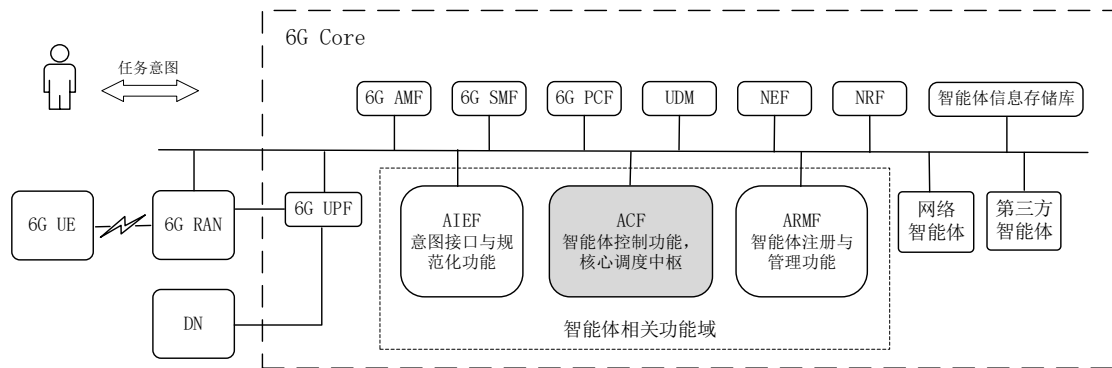


图1 面向6G核心网的智能体内生能力架构

tration and Management Function, ARMF) 面向核心网内智能体能力提供目录化管理, 主要包括智能体的注册认证、权限控制与外部接入适配, 使智能体资源有序接入并存放。ARMF 对外联接智能体信息存储库, 集中维护已获准接入的智能体标识及其元数据, 实现统一检索与可追溯管理。

(4) 智能体来源包括网络内部与第三方接入两类; 其中, 第三方智能体完成接入认证与注册备案后, 其标识与能力被纳入智能体信息存储库并受 ARMF 统一管理, 可作为核心网内生能力参与后续网络任务。

从架构设计的角度, 本架构核心优势主要体现在以下三个方面: 第一, 遵循 SBA 基线架构, 新增智能体有关功能实体以服务化方式融入注册、发现、交互的标准范式, 实现与现有 NF 的深度融合与有机协同; 第二, 智能体管理与任务编排流程实现解耦, ARMF 聚焦于智能体接入管理与智能体能力管理, ACF 专注于控制编排与任务调度, 二者职责边界清晰, 为功能演进与独立升级提供了良好支撑; 第三, 架构支持智能体的增量部署策略, 优先引入 AIEF 与 ACF 构建意图接入与编排调度能力, 后续逐步完善 ARMF 能力目录及第三方智能体资源的接入, 有效实现 6G 核心网中智能体的可插拔能力, 进而向自治网络靠拢。

2.2 智能体控制功能

智能体控制功能, 即 ACF 的定位为网络侧引入的多智能体协同控制实体, 其目标是在 SBA 控制面内将智能体从内部、外部整合起来, 共同形成可完成实际任务的内生能力单元, 能够在分布式多域环境中实现从意图到策略再到新子网的端到端可控交付。如图 2 所示, ACF 向上承接意图请求, 向下组织多域智能体执行, 核心作用是将开放式的意图到子网处理过程转换为受约束的任务链执行过程, 并完成跨智能体协作结果的收敛与闭环触发。在功能组成上, ACF 进一步包括意图受理、任务拆解、智能体选择与任务收发四个子功能。下文以意图驱动的子网生成任务为例, 对 ACF 功能做详细介绍。

(1) 在意图受理阶段, ACF 接收意图请求并完成对意图字段、作用范围、业务约束、时间窗等的统一校验, 生成全链路可追踪统一标识 `intent_id`, 并建立执行上下文, 用于后续编排、日志关联与回执收敛。

(2) 在任务拆解阶段, ACF 将高层意图拆解为可执行任务链, 并显式建立依赖关系与契约约束。意图驱动的子网生成任务采用两阶段任务链完成, 即 T1 (意图识别到策略参数生成) → T2 (子网规划与生成)。ACF 为每个任务分配 `task_id`, 定义输入输出、超时阈值与回执要求, 保证整个过程有序可控。

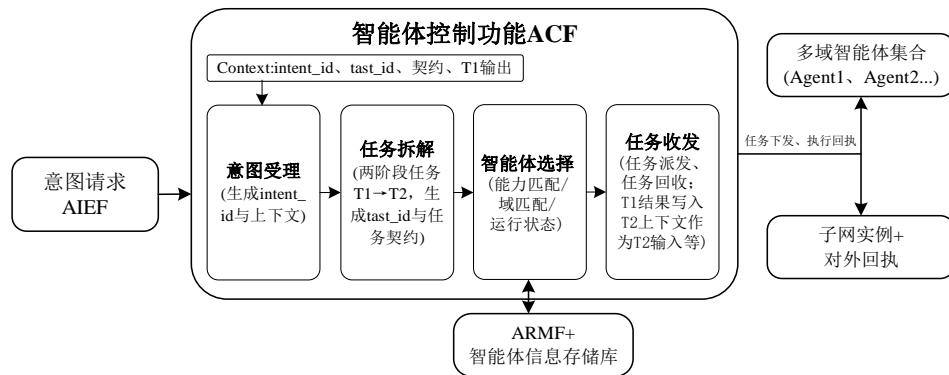


图2 ACF功能分解与任务整体流程

(3) 在智能体选择阶段，ACF 与 ARMF 交互，并在智能体信息存储库中寻找智能体，主要依据智能体的能力、域与运行状态等因素对智能体进行选取，确保所选智能体符合当前任务需求；另外，智能体的能力画像与准入信息由 ARMF 及其智能体信息存储库提供，确保所选智能体在任务流程中可追踪，保证任务有效完成。

(4) 在任务收发阶段，ACF 向所选智能体分发包含 intent_id、task_id 与截止时间等任务消息，并建立回执通道。分发任务消息时需满足幂等性约束，避免持续重试导致重复执行。ACF 在接收智能体的任务回执后会对回执内容进行合规性检验，如对 T1 结果校验策略参数完整性与可执行性，对 T2 结果校验新逻辑子网的可用性等。

2.3 智能体注册与管理功能

在本文所提架构中，智能体注册与管理功能，即 ARMF，通过将来自各方的智能体抽象为可统一管理的网络内生能力对象，为多智能体协同控制提供基础支撑。ARMF 负责网络内部及第三方智能体的注册与管理，并为智能体分配全局唯一标识——Agent_ID、维护域属性等关键信息。后将智能体相关信息存入智能体信息存储库，形成面向控制面的智能体能力目录，实现执行任务智能体的全面网络内生。

智能体能力目录中的智能体一般为两类：分别为网络智能体和第三方智能体。

网络智能体部署于网络内部，具有明确的域归属与受控运行环境。其注册流程借鉴现有网络功能 NF 向网络存储功能（Network Repository Function，NRF）注册的机制：智能体通过接口向 ACF 发起请求，完成身份与能力信息上报；ACF 按既有范式进行登记并返回回执。为支撑后续任务编排中的能力匹配与调度，注册字段在复用 NF 框架基础上，扩展了能力标签、凭证类型等智能体画像信息。

第三方智能体来源于网络外部生态，其接入必须满足“可识别、可鉴权、可追溯”的治理要求。本文在统一注册框架下引入数字身份（Decentralized Identifiers，DID）与可验证凭证（Verifiable Credentials，VC）机制，构建第三方智能体的可信接入流程，主要包括两个阶段：注册和接入授权。

智能体首先通过 ACF 向 ARMF 发起注册请求，由后者为其分配 DID 并将该标识及相关信息存储于智能体信息存储库中；随后，智能体持有包含其 DID 的可验证凭证，在申请接入授权时向 ACF 提交该凭证，ACF 通过查询存储功能中的信息对凭证进行合法性验证，确认身份后完成接入，并将结果写入智能体信息存储库以支持后续权限控制。通过这一机制，所有第三方智能体在接入网络时均被贴上可识别、可追溯的 DID 标签，从而满足“可识别、可鉴权、可追溯”的治



理要求。

2.4 面向标准化的协议扩展性讨论

为适应未来智能体通信标准化趋势，本文架构需预留协议扩展能力。在模型推理及外部能力调用阶段，可考虑引入MCP（Model Context Protocol），以规范上下文管理、工具调用和结果封装过程；在多域智能体的交互过程中可引入A2A（Agent-to-Agent）协议，标准化跨智能体任务描述与状态同步，实现异构智能体互联互通。上述协议的嵌入需在ARMF中扩展协议能力声明，并在ACF中增加协议转换网关，这些轻量级适配可在保持核心机制不变的前提下提升架构的前瞻性与兼容性。

3 基于多智能体协同的意图驱动子网生成

关键机制研究

3.1 意图驱动分布式子网生成任务场景与问题定义

在6G网络“智能内生”与“普惠智能”的核心愿景引领下^[15]，网络服务交付模式正加速从传统“面向连接”向新型“面向意图”演进。传统网络依赖预配置与人工策略驱动的管理方式，在面对垂直行业海量、个性化且动态多变的业务需求时，其响应迟缓、架构僵化、适配性不足的固有缺陷日益凸显^[16]。在此背景下，意图驱动模式应运而生：用户只需通过自然语言提出高级业务诉求，网络便需具备自动、精准将其转化为即时可用的端到端逻辑子网的能力^[17]。如下表1所示，这一模式与传统静态模式存在根本性差异。

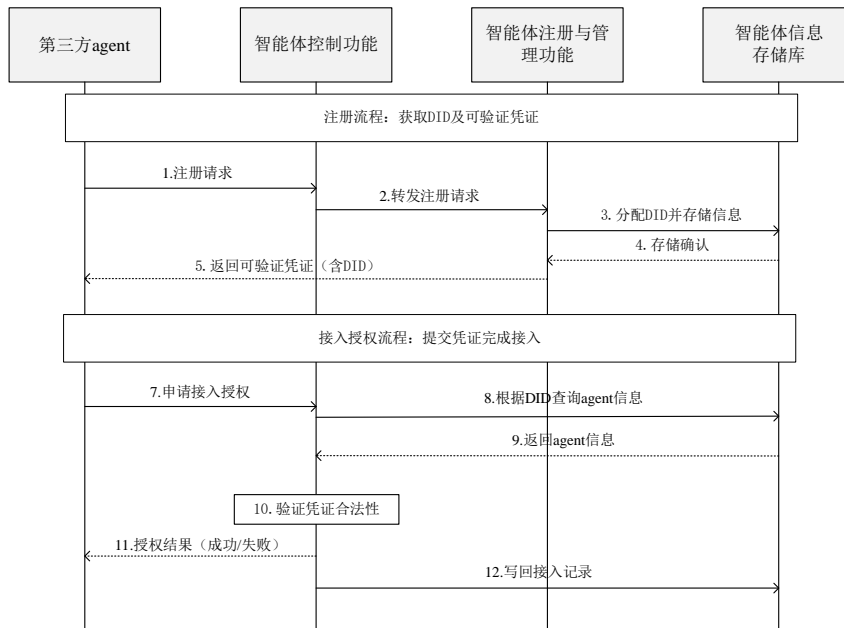


图3 注册与授权流程示意图

表1 传统模式与意图驱动模式对照表

维度	传统静态模式	意图驱动模式
驱动核心	预定义模板与人工策略	用户自然语言意图
响应方式	响应式、慢周期（小时/天级）	主动式、快周期（分钟/秒级）
控制逻辑	集中式决策	分布式多智能体协同
资源状态	固定、按规划分配	动态、按需实时编排

针对上述愿景，本文在第2章提出的多智能体协同架构基础上，进一步聚焦于意图驱动子网生成的典型场景，重点阐述两阶段协同机制下ACF如何协调意图解析、子网规划与子网生成三类智能体，完成从意图输入到子网实例化的端到端交付流程，并引入LangChain框架实现上述机制。为直观呈现多智能体协同过程及智能体与网络交互的整体脉络，图4展示了从意图输入、子网生成到终端接入的完整交互流程。

3.2 面向意图的两阶段智能体协同机制

针对意图驱动子网生成过程中高层语义表达的不确定性与底层网络配置要求的确定性之间存在的耦合冲突，本文在多智能体内生智能架构中引入两阶段任务编排机制。该机制由智能体控制功能（ACF）统筹，统一执行任务链生成、阶段调度以及结果收敛动作。

如图5所示，该机制将意图驱动的子网生成过程严格形式化为“意图—契约—实例”的受控流转范式。具体而言，该范式包含两个核心映射

过程：其一是由意图解析智能体执行的语义映射 $f:I \rightarrow P$ ，实现从自然语言意图I到策略契约P的转换。此处的策略契约是指经意图解析后生成的结构化策略表述，它是衔接用户抽象意图与底层具体网络配置的标准化中间产物。其二是由子网规划智能体和子网生成智能体协同执行的资源映射 $g:(P, R) \rightarrow S$ ，实现从策略契约P与多域资源状态R到子网实例S的生成。这一机制设计有效实现了高层语义与底层部署的解耦：映射f负责将模糊意图收敛为结构化的策略契约，映射g则在网络资源约束下完成子网实例化。ACF在全流程中跨阶段管控网络状态与异常情况，从而闭环保障从意图到实例的可信交付。

在本文架构中，ACF调度三类智能体协同完成上述两阶段任务：意图解析智能体承担映射f的意图解析职能；子网规划智能体与子网生成智能体在阶段II中由ACF协调，共同完成映射g的资源映射与实例化落地。

阶段I：意图解析与契约生成。在该阶段，

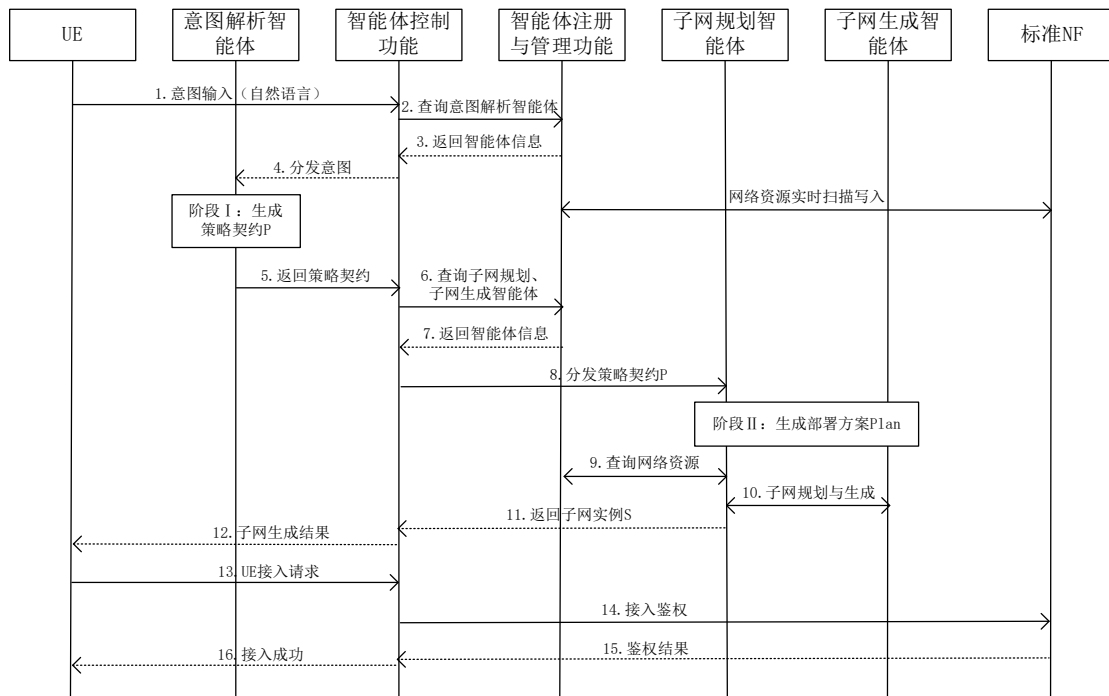


图4 基于AI Agent的意图驱动子网生成及终端接入交互图

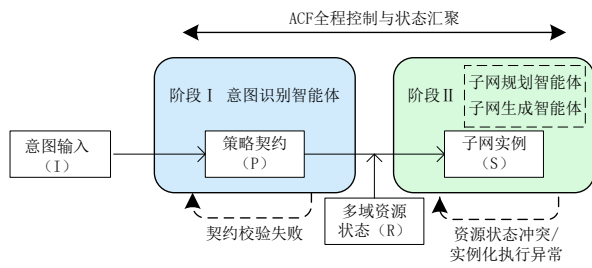


图5 两阶段任务编排机制

ACF 驱动意图解析智能体对自然语言意图进行解析，将非结构化语义映射为结构化的策略契约 P。策略契约作为语义侧与网络侧之间的标准接口，需满足字段完备、类型一致等预设约束。ACF 内嵌局部校验回路，对未通过校验的契约触发智能体重生成或模板补全，确保语义层面的不确定性在本阶段内被完全收敛。

阶段 II：子网规划与生成。ACF 接收策略契约 P 后，协同子网规划智能体与子网生成智能体执行子网实例化。子网规划智能体依据契约 P 与从 ARMF 能力目录查询获取的多域资源状态 R，生成子网部署方案 Plan；子网生成智能体将 Plan 转化为具体的网络配置动作，通过与 6G AMF/6G SM/6G PCF/NEF 等标准核心网功能交互完成逻辑子网实例 S 的落地。

该机制采用 ACF 驱动的串行主链路，并在关键节点设置局部校验回路。通过预设行为边界，使机制能够满足电信级业务对确定性的要求。当资源波动等异常发生时，内嵌的异常回退策略使智能体在认知、决策和执行上形成闭环，从而实现子网生成。异常回退策略的具体处理方式为：若契约校验失败，则在第一阶段内部重新生成结构化策略；若资源状态冲突或实例化执行异常，则在第二阶段内部重新进行子网规划与生成。

3.3 基于 LangChain 的智能体协同实现机制

在本文提出的 6G 核心网架构中，智能体控制功能作为逻辑上的核心功能网元，其本质是网络智能化的中枢。为实现 ACF 对复杂业务的驱动

与调度，本文采用 LangChain^[18] 作为其技术实现载体与执行框架，将 ACF 的逻辑职能转化为可组合、可验证的执行语义。

如图 6 所示，LangChain 在系统架构中不仅是模型调用的封装器，更是两阶段任务协同机制的语义承载层。其核心价值在于通过模块化组件，将大语言模型的泛化语义处理能力与核心网环境下的工具调用进行深度整合。ACF 借此将意图解析、子网规划与子网生成等异构智能体，统一纳入基于可执行任务链的控制体系。

针对第 3.2 节提出的两阶段编排机制，LangChain 为 ACF 提供了三个维度的关键支撑：在任务编排层面，利用 Runnable 协议的链式组合机制，将碎片化的智能体动作编织为确定的逻辑流，实现 ACF 对跨阶段任务的强状态控制。在执行约束层面，通过结构化解析器与工具调用接口，强制规范智能体的输入输出范式，确保其在电信级业务的预设边界内运行。在可观测性层面，依托内建的回调（Callback）机制，实时捕获执行链中的状态变更与调用日志，从而为 ACF 的闭环评估与任务溯源提供链路级证据支撑。

从框架机制角度看，本文原型实现遵循“状态对象驱动的可组合执行链”设计思想，即不以自由文本作为阶段间唯一载体，而以结构化状态对象在各执行节点间传递。设任务链执行状态为

$$X_t = \langle I, Ctx, P, R_{ref}, Plan, Ack, sid, trace, retry \rangle, \quad (1)$$

其中各字段分别表示意图输入、上下文信息、策略契约、资源快照引用、子网方案、执行回执、实例标识、链路跟踪信息与重试计数。LangChain 的 Runnable 机制用于定义状态变换单元 r_i ： $X_t \rightarrow X_{t+1}$ ，ACF 则通过对多个 r_i 的顺序组合与条件分支，构造第 3.2 节中的任务链主链与局部校验回路。

执行前，ACF 通过 ARMF 的能力发现接口查询当前已注册的意图解析智能体及其能力标签，动态选择适配的智能体参与本次任务。针对阶段

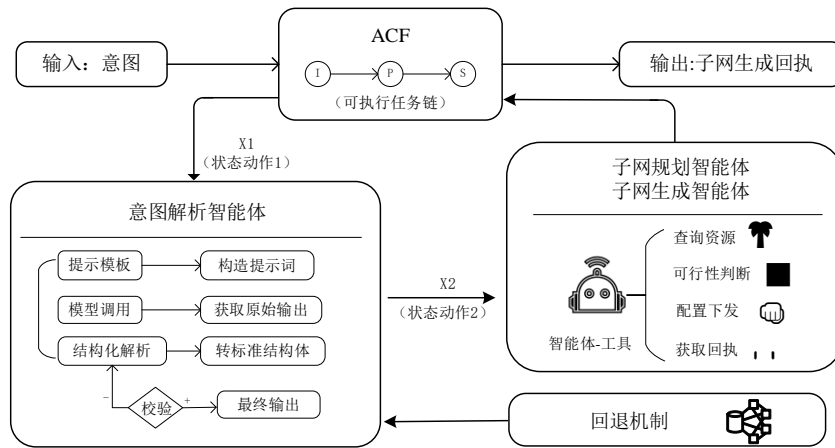


图6 基于LangChain的子网生成机制

一中由意图解析智能体执行的自然语言意图I到结构化策略契约P的转换需求，本文在LangChain中实现了由提示模板、模型调用、结构化解析、确定性校验和局部修复组成的受约束执行链。其执行主链可表述为：

PromptTemplate→Qwen3→Structured Parser→Validate(P,Σ), (2)

系统首先通过提示模板将契约字段定义、单位规范、输出格式约束及业务上下文显式注入模型输入，使Qwen3在推理生成阶段即受到接口模式约束。提示词模板如图7所示：

校验器的判定规则包括：□ 字段完整性检查，必须包含[网络类型, 用户数量, 业务类型, 带宽, 时延]五个字段，缺失任一字段则判定失败；□ 类型一致性检查，网络类型必须为枚举值之

一，用户数量为整数，带宽和时延为整数；□ 单位合法性检查，带宽取值范围[1,10000]，时延取值范围[1,1000]，超出范围则视为非法。校验失败时，校验器返回具体的错误类型和字段信息，供ACF触发修复。

当校验失败时，ACF触发定向修复：将错误信息附加到提示中，要求智能体重新生成，最多重试3次（重试计数阈值 retry_max=3）。若重试后仍无法通过校验，则任务终止并向上层报告意图解析失败。重试过程中，对话记忆保留先前尝试的输入与错误反馈，以指导模型修正输出。

在阶段二中，子网规划智能体与子网生成智能体需将策略契约P转化为实际的网络动作。本文采用LangChain的Agent-Tools机制实现模型推理与工具调用并行的受约束执行模式，该机制以

```

行动: {{
  "action": "Final Answer",
  "action_input": $JSON_BLOB
}}

特别注意：当使用"Final Answer"时，$JSON_BLOB必须包含且仅包含以下6个中文参数：
- "用户意图": 字符串类型（用户的核心需求描述）
- "网络类型": 字符串类型（工具返回值，值为"GEO"或"GROUND"）
- "用户数量": 整数类型
- "业务类型": 字符串类型（如"语音"、"视频"、"数据"等）
- "带宽": 整数类型
- "时延": 字符串类型

```

图7 阶段一核心提示词



AgentExecutor 为核心驱动智能体的推理-行动循环。整个过程可以抽象为：

$$P \xrightarrow{\text{Tools:Query}} \text{Plan} \xrightarrow{\text{Map}} \text{Conf} \xrightarrow{\text{Instantiate}} (\text{S,Ack}), \quad (3)$$

每个工具均继承自 LangChain 的 BaseTool 基类，包含明确的名称、描述、输入参数模式及执行逻辑，对应网络编排中的特定操作。例如，“查询资源”工具封装对 ARMF 资源视图的访问接口；“配置下发”工具对应调用 PCF 的策略下发接口。具体提示词模板如图 8 所示。

智能体在 ACF 预定义的主序约束下，通过 ReAct 等提示策略进行推理，决定下一步调用的工具及其参数；工具执行后返回结构化观测，AgentExecutor 将观测重新注入智能体，驱动其更新内部状态并继续推理，直至生成完整的子网方案 Plan。当工具返回资源不可行或实例化失败时，智能体将异常信息封装为结构化观测并回传给 ACF，由后者根据回退策略决策是否重试、重规划或终止任务链。

为支撑第四章验证，系统利用 LangChain

Callback 机制记录模型调用、工具调用及链级事件三类事件，并以 trace_id 与 sid 关联形成可回溯证据链，确保过程可检查、可复现。

4 架构实现与机制验证

4.1 整体架构实现

为验证本文所提面向 6G 核心网的多智能体架构的可行性，基于第 3 章描述的机制设计，构建了一套面向意图驱动子网生成的系统。系统硬件环境包括 5 台通用服务器、2 台自研 OpenFlow 交换机、2 台笔记本电脑及 1 台无线路由器，具体配置如表 2 所示。

软件实现方面，系统基于 Ubuntu 22.04 操作系统，采用 Python 3.9 作为主要开发语言。智能体协同框架基于 LangChain 构建，大模型采用 Qwen3-8B 部署于 GPU 服务器。ACF 核心模块以 RESTful API 形式对外提供服务，智能体间通信采用 HTTP 作为传输协议，数据格式采用 JSON。智能体信息存储库基于 Redis 实现，用于维护智能体注册信息、能力标签及信任元数据。

1. ****第一步：检查参数****
 - 思考：确认用户输入是否包含 networkType（网络类型），无则询问补充。
 - 行动：参数完整则调用`first_step_tool`，不完整则询问用户。
2. ****第二步：调用first_step_tool，仅调用1次****
 - 思考：使用提取的networkType参数调用工具，获取服务信息。
 - 行动：调用`first_step_tool`，输入仅含"network_type"字段。
3. ****第三步：调用second_step_tool，仅调用1次****
 - 思考：使用`first_step_tool`返回的所有字段作为输入，调用工具。
 - 行动：调用`second_step_tool`，必须包含前序工具的全部结果。
4. ****第四步：返回最终答案****
 - 思考：当`second_step_tool`返回"ok"，整理结果。
 - 行动：仅此时可使用"Final Answer"，正常情况需包含完整业务参数。

图 8 阶段二核心提示词

表 2 设备配置

设备类型	数量	用途
通用服务器 DELL R740 (2U)	3	模拟网络控制面功能
通用服务器 DELL R940XA (4U)	2	模拟智能体运行环境及管理平台
Openflow 自研交换机	2	模拟部署用户面功能及网络转发
笔记本电脑 DELL	2	模拟 UE 终端和业务服务器
无线路由器 TL-WVR4300L	1	模拟无线接入环境

4.2 架构功能验证与机制性能分析

为验证本文所提架构与机制的有效性，本文分别从整体闭环可行性和两阶段多智能体协同机制性能两个方面开展原型验证。

4.2.1 整体闭环验证

1 智能体注册接入能力验证

本环节实验首先模拟第三方智能体向 ACF 发起注册请求。需要指出的是，在本文所述的意图驱动子网生成任务中，该第三方智能体具体承担意图解析智能体的职能角色，负责执行从自然语言到结构化策略契约的语义映射；网络智能体包含子网规划智能体与子网生成智能体，协同负责最终可接入子网的生成。如图9所示，ACF 协同 ARMF，能够为智能体分配全局唯一去中心化标识，并完成身份绑定。注册成功后，智能体信息可以被录入智能体信息存储库，纳入可调度资源池。

经 10 次独立注册实验统计，第三方智能体注册时长为 12.8s，网络智能体注册时长为 8.5s，注册成功率为 100%。该结果验证了系统支持异构智能体的统一注册与能力目录管理，注册阶段满足高效性和稳定性需求。

2 ACF 驱动的多智能体协同验证

实验中，前端平台模拟用户提交高层业务意图，管理平台将意图发送至 ACF，由 ACF 协调意图解析智能体和网络智能体完成协同处理。

阶段 I 中，以典型场景“在偏远的山谷里，20 名用户希望建立普通语音业务”为例，ACF 选择第三方智能体智能体 (DID: DTmethod-1: agent1)，将意图解析为结构化策略契约 P，相关结果如图 10 上部所示。阶段 II 中，ACF 进一步调用网络智能体 (Agent ID:0002)，结合 ARMF 提供的多域资源视图完成子网规划与生成，输出包含 AMF、SMF、UPF 和 RAN 等实例的子网结果，如图 10 下部所示。

任务完成后，ACF 将结果同步至管理平台展示，图 11 给出了子网生成结果查询界面。

结合图 9 至图 11 可以看出，系统实现了从智能体接入、多智能体协同处理到子网生成结果输出的完整闭环，验证了本文所提架构与机制在意图驱动子网生成场景下的可行性。

3 UE 接入验证

在本验证场景中，网络侧在完成子网实例化

AI Agent类型	Agent ID	注册时间	IP地址	能力信息
第三方智能体	DID:DTmethod-1:agent1	2025-10-20 18:22:58.0	172.10.2.195	"intention recognition"
网络智能体	0002	2025-10-20 18:28:45.0	172.10.2.144	"subnet generation"

图9 智能体注册成功结果展示

```

接收AI agent任务请求, 获取用户意图
用户意图: {"intent": "在偏远的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务。"}
任务可划分为两个子任务, 任务1为意图识别, 任务2为子网生成
选择第三方agent进行任务1的下发
2025-10-20 18:39:08:456:开始传递意图{"intent": "在偏远的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务。"}
任务下发成功
任务执行成功
任务1执行结果: {"input": "在偏远的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务。", "output": {"用户意图": "在偏远的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务", "网络类型": "GEO", "用户数量": 20, "业务类型": "语音", "带宽": 60, "时延": 200}}
选择网络agent进行任务2的下发
任务下发成功
任务执行成功
任务2执行结果: {"input": {"用户数量": 20, "带宽": 60, "时延": 200, "网络类型": "GEO", "业务类型": "语音", "用户意图": "在偏远的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务"}, "output": "分布式子网已成功创建。服务意图: GEO, NSI名称: aislice1-1, 节点ID列表: [amf1.7609567487634976E12, smf1.760956748783661E12, upf1.7609567488015012E12, ran1.7609567488139985E12], 服务覆盖范围: Aone"}
子网生成成功

```

图10 意图解析与子网生成两阶段执行结果展示



子网生成查询:

用户需求	子网类型	网络策略	用户数量	业务类型	带宽	时延
在山区的山谷里, 20名用户希望建立普通语音业务	卫星网络	星上 (amf(sm/uf/ran))	20	语音	60	200

图11 子网生成结果查询界面

后, 首先通过下行非接入层 (NAS) 信令将生成的子网信息下发至 UE, 如子网标识等。UE 在获取该标识后发起注册流程, 并在注册请求消息中携带该子网标识。接入网 (RAN) 解析该信令后, 基于子网标识完成路由寻址, 准确选择目标子网对应的核心网控制面功能。随后, UE 与新子网完成双向鉴权与位置更新, 并触发 PDU 会话建立流程, 获取到由新子网 SMF 分配的 IP 地址, 此时接入成功。经过 10 次 UE 接入实验, UE 全部接入成功, 成功率 100%, 证明了新生成子网的可靠性。

4.2 2 两阶段多智能体协同机制量化验证

前述整体闭环验证结果初步表明了本文所提多智能体内生协同架构的可行性, 为便于性能验证工作, 本文进基于 NVIDIA RTX4090D 资源环境构建了抽象资源池, 进一步仿真验证阶段 I 与阶段 II 的协同处理效率和执行稳定性。

为模拟子网生成阶段可用的多域网络资源, 即 ARMF 目录中的网络资源, 本文构建了由 6G AMF、6G SMF、6G UPF 和 6G RAN 组成的抽象网络资源池。其中, 6G AMF 和 6G SMF 资源主要用于刻画控制面网络功能的接入能力与业务支持能力; 6G UPF 资源用于描述用户面能力; 6G RAN 资源用于描述接入侧能力。上述网络资源支持的能力类型如表 3 所示。该网络资源池共设置 8 个 6G AMF 实例、8 个 6G SMF 实例、10 个 6G UPF 实例和 10 个 6G RAN 实例, 覆盖“卫星”与“地面”两类无线网络环境, 以及“数据”、“视频”和“语音”三类业务类型, 并支持高山、城市、偏远地区等 5 类场景。

在仿真实验中, 实现意图解析智能体、子网

表3 各类网络资源支持的网络能力

	网络类型	业务类型	接入容量	负载	带宽能力	时延
6G AMF	√	√	√	√	×	×
6G SMF	√	√	√	√	×	×
6G UPF	√	√	√	√	×	√
6G RAN	√	√	√	√	√	√

规划智能体、子网生成智能体在 ACF 协同下进行子网生成的全流程。为验证所提机制的处理性能, 本文选取了 1000 条典型意图样例, 意图覆盖不同网络类型、业务类型和用户规模条件, 模拟用户提出的业务请求, 并在同一 ARMF 能力目录下重复执行 3 次, 统计各项量化结果。评价指标包括阶段 I 耗时、阶段 II 耗时、端到端耗时以及多次实验成功率。其中, 阶段 I 耗时用于反映意图理解与契约生成效率, 阶段 II 耗时用于反映资源匹配与子网生成效率, 端到端耗时用于反映两阶段协同处理的整体时间开销。实验结果如表 4 所示, 其中, 时延为每条意图的处理时间。

表4 意图驱动子网生成仿真时延

指标	最短时延/ ms	最长时延/ ms	平均时延/ ms
阶段 I: 意图解析	1628.832	2018.793	1744.947
阶段 II: 子网生成	28.649	639.212	185.730
整体端到端	1663.101	2318.042	1930.715

当且仅当阶段 I 能够输出字段完整且语义一致的策略契约 P, 且阶段 II 能够在 ARMF 能力目录中找到满足约束条件的候选资源组合, 并生成包含 6G AMF、6G SMF、6G UPF 和 6G RAN 实例列表的有效子网结果时, 该次任务被判定为成功。在 1000 条意图中, 有 966 条成功, 成功率为 96.6%。

由表3可以看出,所提两阶段多智能体协同机制能够在抽象资源池约束下完成从策略契约生成到子网结果输出的协同处理。两阶段在功能上相对独立,从而降低了复杂任务直接一步式生成所带来的处理负担。量化结果表明,该机制在当前仿真条件下能够以较低时间开销完成核心处理流程,体现出较好的处理效率。

同时,多轮重复实验中的较高成功率表明,所提机制在可控资源条件下具有一定稳定性。其原因在于:一方面,阶段I将高层自然语言意图转化为结构化契约,降低了后续资源匹配过程中的语义不确定性;另一方面,阶段II在智能体工具调度和回退机制协同下,使得资源匹配与子网生成过程具有较好的可重复性和一致性。

由此可见,基于抽象资源池的仿真验证能够较好反映所提两阶段多智能体协同机制在意图驱动子网生成场景下的处理效率与执行稳定性。

5 结束语

本文针对面向6G的智能化需求,提出了面向6G核心网的智能体内生智能架构,并基于典型意图驱动子网生成业务样例完成了全流程闭环验证。在架构设计层面,本文构建了基于SBA的多智能体协同体系,通过引入AIEF、ACF与ARMF三个核心实体,实现了编排与执行的深度解耦,支持网络智能能力的增量部署。为验证本文所提架构的可行性,选取了意图驱动的子网生成任务作为典型场景,详述了智能体入网后,在ACF控制下实现任务目标的全流程。在子网生成机制层面,提出了“意图—契约—实例”的两阶段子网生成路径。该机制引入结构化策略契约作为语义侧与网络侧的标准化接口,有效化解了高层意图的语义模糊性与底层网络配置确定性之间的耦合冲突,并由ACF承担跨阶段的任务调度与闭环管控职能。在ACF功能实现层面,建立了基于LangChain的ACF多智能体协同框架。通过

ACF将任务拆解为可组合的Runnable执行链,并结合Agent-Tools与Callback机制,保障了智能体在环境交互过程中的行为确定性与链路级可观测性。在原型验证层面,搭建了端到端实验平台,模拟了从自然语言意图受理、多智能体任务拆解到多域资源协同编排的全过程。实验结果显示,UE能够基于意图反馈信息成功接入动态生成的逻辑子网,闭环证实了该架构在6G网络智能化生产场景中的可行性。

本文目前侧重于多智能体内生协同机制的原型验证,且只选取了意图驱动的子网生成这一个样例做演示,在研究的深度和广度上有一定的局限性。后续工作将围绕拓展本6G核心网架构的智能体相关功能展开,以满足更多6G场景下的业务需求。在场景拓展方面,将重点针对车联网(V2X)、低空通信、工业互联网等,对极低时延、超高可靠和动态接入要求较高的6G典型场景,进一步验证和优化所提架构的性能与适应性。在功能深化方面,智能体的核心能力将向多意图并行处理、智能体动态协作以及智能体故障自修复等更复杂的功能域演进。通过后续工作开展,逐步推动所提架构从原型验证向应用落地发展。

参考文献:

- [1] Recommendation ITU-R M.2160-0 (11/2023): Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond [S]. Geneva: ITU, 2023.
- [2] 崔琪楣,尤肖虎,倪巍,等.面向6G网络的AI与通信融合探析:基础、挑战与未来研究机遇[J].中国科学:信息科学,2026,56(01):241-242.
- [3] 朱威,马田丰,金友兴,等.智能体互联网潜在关键技术展望[J].信息通信技术,2025,19(05):41-54.
- [4] 中国移动通信研究院.智能体通信网络(ACN)白皮书(2024年)[R/OL].2024.
- [5] Wang, L., Ma, C., Feng, X. et al. A survey on large language model based autonomous agents. Front. Comput. Sci. 18, 186345 (2024).
- [6] Yao S, Zhao J, Yu D, et al. ReAct: Synergizing Reasoning and



- Acting in Language Models[C]//Proceedings of the 11th International Conference on Learning Representations (ICLR 2023).
- [7] Wang G, Xie Y, Jiang Y, Mandlekar A, Xiao C, Zhu Y, Fan L, Anandkumar A. Voyager: An Open-Ended Embodied Agent with Large Language Models[J]. Transactions on Machine Learning Research, 2024.
- [8] Li G, Hammoud H A A K, Itani H, et al. CAMEL: Communicative Agents for “Mind” Exploration of Large Language Model Society[C]//Proceedings of the 37th International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2023).
- [9] Xu M, Niyato D, Kang J, Xiong Z, Mao S, Han Z, Kim D I, Letaief K B. When Large Language Model Agents Meet 6G Networks: Perception, Grounding, and Alignment[J]. IEEE Wireless Communications, 2024, 31(6): 63-71.
- [10] 3GPP. Study on Architecture for 6G System; Stage 2 (Release 20): 3GPP TR 23.801-01 V0.3.0 (2025-11)[R]. Sophia Antipolis: 3GPP, 2025-11.
- [11] Huawei; SK Telecom; Google. KI#18 - AI for 6G Architecture (Moderator Merged tdoc): 3GPP TSG-WG SA2#173, TDoc S2-2601162r5-cl, Goa, India, 9 - 13 February 2026[R]. 3GPP, 2026-02.
- [12] China Mobile; Apple; Samsung. KI#19: Solution variants: 谷肖飞 (1994-), 男, 硕士, 大唐移动通信技术股份有限公司标准工程师, 主要研究方向为移动
- 3GPP TSG-WG SA2#173, TDoc S2-2601625, Goa, India, 9 - 13 February 2026[R]. 3GPP, 2026-02.
- [13] 刘海涛, 谌丽, 康绍莉, 等. 面向6G网络融合的以用户为中心关键技术[J]. 无线电通信技术, 2024, 50(03): 453-460.
- [14] CATT. CATT initial views on 6G Core[C]//3GPP workshop on 6G. Incheon, Korea, March 10 - 11, 2025. pp. 1 - 7.
- [15] 段晓东, 黄正磊, 陆璐, 等. 智能体通信网络赋能新型服务供给和网络架构演进[J]. 通信世界, 2025, (24): 5-6.
- [16] 段晓东, 黄正磊, 陆璐, 等. 智能体通信网络(ACN): 面向6G的网络发展新范式[J]. 通信学报, 2025, 46(11): 332-346.
- [17] 张培龙, 马云潇, 李华, 等. 大语言模型驱动的多智能体网络意图识别框架[J/OL]. 小型微型计算机系统, 1-10[2026-01-16].
- [18] Ma X, Zhao R, Liu Y, et al. Design of a large language model for improving customer service in telecom operators[J]. Electronics Letters, 2024, 60(10): e13218.

[作者简介]



李紫燕 (2001-), 女, 电信科学技术研究院在读硕士研究生, 中信科移动通信技术股份有限公司预研工程师, 主要研究方向为网络架构、人工智能、意图驱动网络等。



通信核心网、6G架构和AI等, 目前主要从事6G标准、AI、用户面及本地服务接入等方向的技术研究工作和政府项目工作。

李慧欣 (1997-), 女, 硕士, 大唐移动通信设备有限公司研究工程师。主要研究方向为6G AI技术、移动通信核心网技术、6G网络架构等。目前主要从事6G AI等技术研究和移动通信网络大模型实现等相关工作。



王亚鹏（1985-）女，硕士，大唐移动通信设备有限公司中级工程师。主要研究方向为移动算力网络、移动通信核心网、6G 网络架构、宽带集群通信等，主要从事 6G、算力网络、集群通信等的技术研究、标准化推进和政府项目工作。

艾明（1974-），男，博士，中信科移动通信技术股份有限公司正高级工程师，主要研究方向为网



络架构、卫星互联网、位置服务、智能化等。

