CUBE-Net
新网络 新服务 新生态

中国联通
China unicom

智能体互联网白皮书

中国联合网络通信有限公司研究院

下一代互联网宽带业务应用国家工程研究中心

前言

近年来，人工智能技术迅猛发展，特别是以大模型为核心的生成式 AI 实现突破性进展，正加速推动人工通用智能（AGI）从理论构想迈向现实落地。随之而来的，是新一代智能体（AI Agent）的快速涌现和应用，它不仅能够作为虚拟形态活跃于数字世界，更能赋能机器人、无人机、智能终端等物理实体，成为人类生产生活中不可或缺的新伙伴。它们具备语义理解、任务执行与协同决策等能力，代表着智能应用的发展方向，并将深刻重塑未来的社会结构和产业生态。

回顾网络发展脉络，从早期的人与人互联，到移动互联网时代的人与物互联，再到当前正在兴起的“智与智互联” —— 网络不再仅仅是信息传输的通道，而正演变为支撑智能交互、群体协同与价值共创的核心基础设施。随着智能体的数量激增和交互模式复杂化，传统互联网遵循“以信息交换为核心、以资源分配为手段”的旧范式，难以应对智能体之间的意图理解、跨域协作、信任建立与自治管理等新挑战。

因此，一场以“智能体为中心”的网络变革正在发生。智能体互联网应运而生，它不仅是连接智能体的技术平台，更是构建更高层级智能化秩序的关键引擎。它推动数字世界与物理世界的深度融合，实现从“连接设备”向“连接智能”的跃迁，为未来社会提供可持续、可治理、可进化的能力底座。

基于此，本白皮书系统阐述了智能体互联网的发展背景、核心挑战、演进趋势、应用案例等内容，提出了构建智能体互联网的关键技术方向。本报告旨在为业界开展智能体互联网相关研究提供参考和指引，加速智能体互联网的创新实践，共筑全面智能化的未来社会。

目录

1. 智能体互联网的愿景

随着 AI 技术的不断发展，大模型，尤其是大语言模型的成熟，各种智能化应用不断涌现，并且正在改变每个人的生活以及各行各业。其中，智能体（AI Agent) 正在成为其中最为主流的应用形态。智能体通常是指基于大模型工作的，能够感知环境、理解指令、规划决策、执行任务的一类实体，通过多模态交互、模型推理、任务分解与规划、工具调用等手段，构建起从感知到执行的完整闭环系统。通过上述方式，智能体可以应对各类复杂任务，也因此出现了大量爆款应用，智能体正在成为一种全新的“网络终端”，逐渐成为各界瞩目的焦点。面对智能体的蓬勃发展，传统的网络架构与协议，已经很难满足其应用要求。因此，网络必须进行深度的转变，以适配这一新兴业务的发展，为智能体在各行业的广泛应用与深度拓展筑牢根基，助力其开启无限可能的未来。

1.1 网络服务范式转变

互联网作为信息时代的核心基础设施，深刻改变了人类社会的生产生活与交流方式。从最初的 ARPANET 到如今的全球互联网，其核心功能一直是连接世界各地的计算机和设备，实现数据的高效传输和共享。传统互联网的本质是 “连接信息”，其核心价值在于打破地理壁垒与载体界限，构建起全球范围的信息连接与共享体系。以 TCP/IP 等为核心的网络标准协议体系，被广泛视为信息时代的通用语言，支撑起覆盖全球的互联互通架构 —— 无论是 PC、服务器等计算设备，还是移动终端、物联网传感器等智能硬件，不同设备的指令可通过协议转换实现互认，跨地域的数据能够借助路由机制找到最优传输路径，实现数据高效

传输与可靠交换的目标，为数字信息的全球化传播奠定了技术基石。

然而，随着人工智能技术的飞速发展，尤其是机器学习、自然语言处理和计算机视觉等领域的突破性进展，数据的内涵已发生深刻变革，数据已不再是单纯的信息载体，而是沉淀了海量智能的集合体，蕴含着丰富的智能价值。智能体互联网的出现，旨在适应这一趋势，推动网络实现从“连接信息”到“连接智能”的范式转变。在这一新范式下，网络连接的核心不再是静态的数据或被动响应的设备，而是具备自主感知、理解、决策与执行能力的智能体。这些智能体形态丰富多样，既可以是软件程序，也可以是机器人、自动驾驶车辆，甚至是虚拟数字人。它们具备类生命特征的数字化形态，在网络空间中自主运行、协同合作并持续进化。而且，其中的网络节点也由单纯的数据存储与传输单元升级为具备自主智能的节点——它们能解读数据语义，凭借自身判断并自主决策，还能与其他智能体展开高效协作，共同构建起动态进化的智能网络生态。

此外，智能体互联网将推动语义化交互方式的发展。智能体之间不再依赖底层协议进行传统基于固定协议字段的通信，而是基于对意图、上下文和环境的理解进行语义级交互，使得跨平台、跨领域的智能体能够无缝协作，打破数据孤岛与系统壁垒。未来，智能体互联网有望构建一个“碳硅共同体”，即人类（碳基）与智能体（硅基）深度融合、协同进化的社会新形态，形成以群体智能驱动的社会运行新模式。

1.2 智能体互联网的目标特征

传统的互联网本质上是一个“信息传输网络”，主要连接静态的数据和功能固化的设备，网络节点仅负责数据传输，缺乏数据语义解析能力。智能体互联网连接的是自主智能体，节点能够解析数据语义与提取知识，系统具备持续自优化

的进化能力，网络从被动的信息管道演进为具备自主思考、协同决策、持续进化的“智能协作网络”。智能体互联网与传统互联网在多个方面存在本质差异，主要体现在自主性、语义化和群体智能三个方面。

自主性：传统互联网的节点通常不具备自主决策能力，主要依赖于预设的规则和协议来完成数据传输任务。例如，路由器根据路由表进行数据包的转发，而终端设备则根据用户输入的指令来执行操作。这种模式下，网络的运行高度依赖于人工配置和预设规则，缺乏灵活性和自适应性。然而，智能体互联网中的节点是具有自主性的智能体，它们能够根据自身的感知和学习能力，进行自主决策和行动。例如，智能体互联网中的智能传感器节点可以根据环境变化自主地调整采样频率、数据处理方式，并决定是否将数据上传到云端。这种自主性使得智能体具备适应动态环境变化的能力，提高系统的整体运行效率和稳定性。

语义化：传统互联网主要关注数据的传输和存储，对数据的语义理解能力较弱。数据在网络中以二进制形式传输，网络节点并不理解数据所代表的实际含义，数据的处理和分析通常需要在终端设备上完成，网络本身对数据的语义价值利用不足。然而，智能体互联网则强调语义化，网络节点具备数据语义解析能力，并能基于语义进行智能处理。例如，在智能体互联网中，文本数据不仅是字符序列，而是可以被智能体理解的语义信息。智能体可以根据语义对文本进行分类、摘要、情感分析等操作，并与其他智能体共享语义化的结果。语义化处理能够高效利用网络中的数据，为实现智能应用提供基础。

群体智能：传统互联网的节点之间主要通过预设的协议进行交互，缺乏协同决策和群体智能的能力。例如，在分布式计算场景中，多个节点通常需要通过中心服务器进行协调才能完成复杂的任务。智能体互联网则强调群体智能，即多个

智能体可以通过协作和交互实现更复杂的任务。例如，在智能体互联网中，无人机集群可以通过群体智能算法实现协同飞行、目标跟踪和环境监测等任务。其中每个无人机都是一个智能体，可以根据自身的感知和决策能力，与其他无人机进行实时协作，共同完成复杂的任务。群体智能能够显著提升系统效率，并为复杂问题提供解决思路和方法。

相比架构和功能相对固定的传统互联网，智能体互联网在自主性、语义化和群体智能等方面实现了对传统互联网质的超越，能够根据外部环境变化自主调整行为和策略，具有更好的系统适应性和鲁棒性。

2. 智能体互联网的挑战

2.1 现有互联网架构的局限性

2.1.1 网络能力受限

传统互联网的 IP 架构设计遵循 “连接优先” 原则，主要通过标准化的地址分配（IPv4/IPv6）与路由协议（BGP/OSPF）实现网络设备的互联互通和数据传输，以确保数据包能够跨域准确送达目标设备。这种设计逻辑满足了早期互联网以数据传输为核心的需求，为网页浏览、文件传输等基础网络服务提供了可靠支撑。然而，随着人工智能的发展，尤其是面向智能体的网络应用快速增长，对网络能力提出了新的能力需求。网络不仅要通达，更要支持智能体之间的自主协作、语义理解与动态交互。因此，传统 IP 架构在支撑智能体网络时面临根本性挑战，具体体现在以下几方面：

一是尚未具备完善的内容处理能力。传统 IP 协议仅负责数据包的路由与转发，对内容语义毫无感知。在智能体互联网场景中，网络需具备对多模态业务内容的语义感知与处理能力，以支持跨智能体的意图识别、协商与任务执行。当前 IP 网络并未内生语义理解与互操作能力，相应功能主要依赖上层应用实现，在网络与业务的耦合度与协同效率方面存在不足。

二是难以有效表达复杂的用户任务。典型的 IP 管道由于不具备内容感知能力，因而也缺少对不同流/会话关系的表达机制。智能体互联网络的业务形态超越传统连接，融合计算、感知、安全、数据与智能等要素，以“任务”为基本粒度为用户提供完整的服务体验。当前的管道不具备面向任务的表达和执行能力。

三是当前网络缺少内生的上下文与记忆共享机制。基于 IP 的通信模式具有

无状态特性，每次交互相对独立，无法维持长期上下文关系。而智能体在多次协作中，需共享对话历史、任务状态等上下文记忆以保持一致性。例如，在多轮交互或长期任务协作中，智能体需保留历史状态与上下文信息，以保持语义一致性和任务连续性。目前，互联网应用层通常通过会话管理和分布式缓存机制来实现有限的上下文能力，而在网络层层面尚未形成原生的上下文支持。

管道能力的受限，使得传统 IP 体系难以支撑智能体网络的动态管理以及与上层业务高效协同。因此，智能体网络需要在内容感知，任务理解，智能传输等方面进行扩展，以满足智能体业务的发展要求。

2.1.2 协议能力受限

传统互联网通信依赖严格的协议栈分层结构（如 OSI 七层模式），每层承担特定功能，数据传输需逐层封装与解析，强调标准化与兼容性。然而，这种“刚性协议栈”模式难以满足智能体互联网中意图驱动通信的需求。未来，智能体的交互不再是简单的数据请求与响应，而是围绕复杂目标展开的多层面协作，不仅需要完成数据传输，还需理解通信的意图和目标。从协议能力的角度，其局限性主要包含：

一是固定模式的协议接口局限性。在传统模式下，即便两个智能体意图协同完成一项任务，也必须通过预定义 API 或消息格式进行交互，缺乏灵活性与上下文感知能力。例如，一个客户智能体希望获取用户历史订单信息以提供个性化服务，仍需调用固定的订单查询接口，而无法直接表达“我需要了解这位用户的购买偏好以便推荐合适产品”这一高层意图。导致系统耦合度高、开发成本大，难以应对突发或非结构化任务。

二是缺少意图驱动的能力。意图驱动通信要求网络具备语义理解与动态适配能力，智能体能够通过语义化描述的方式表达其目标、约束与期望结果，网络设施能够解析意图，并进行资源匹配和路径选择，选择最优通信方式与服务组合。例如，当智能体发出“寻址最近的可用充电桩并预约 30 分钟快充”这一请求时，网络应能理解其时空约束、能源需求与行为模式，并联动地图、电力调度与支付系统实现跨域资源的自动化协同。

三是不支持动态工具调用与服务发现。IP 架构仅能定位主机，无法表达主机或节点所承载的能力语义。在智能体互联网中，智能体需要能动态发现并调用其他智能体提供的工具或服务，并理解其功能语义。现有 DNS 或 IP 寻址机制无法表达“能力描述”或“服务语义”，需要额外构建服务注册与发现机制。

协议能力的受限，将大幅度地影响智能体互联网的灵活性和可扩展性，加大网络与业务协同的难度。因此，智能体网络需要重构网络协议体系，引入语义中间件、意图解析引擎与上下文感知模块，使网络从“数据搬运工”升级为“意图协调者”。同时，需发展轻量化、可组合的通信协议框架，支持按需加载功能模块，打破传统协议栈的僵化结构。

2.1.3 控制模式受限

现有网络架构大多基于中心化控制模式，网络的管理和控制主要依赖于集中式管理节点，这种模式在管理上相对集中，便于统一调度和资源分配。然而，未来智能体网络的分布式自治需求与现有网络的中心化控制之间存在差异与挑战，主要体现在以下几个方面：

一是网络控制架构的冲突。现有网络通常采用中心化控制模式，依赖于集中

式的管理节点进行资源分配和流量管理，在大规模动态网络中容易出现性能瓶颈和单点故障。一旦中心节点出现故障，整个网络的运行都将受到影响。在智能体网络中，每个智能体都具有自主决策能力，并能根据自身状态和环境变化自主调整行为，网络可以在更大程度上依赖分布式的自治协同。分布式管理模式提高系统的灵活性和容错能力，但与现有的中心化控制架构模式存在差异。

二是网络资源管理的矛盾。在传统中心化控制模式下，资源分配通常由中心节点统一管理，难以快速响应局部资源需求的变化。例如，当分布式计算或数据请求出现突发增长时，中心节点可能无法及时调整资源分配，以满足用户和业务需求。而智能体网络需要提供分布式的资源管理方式，各智能体可基于自身状态与目标，协同调整资源使用。

三是安全性和信任机制的差异。现有网络的安全机制主要依赖于边界防护和集中式认证，在面对分布式攻击时容易被突破。例如，DDoS 攻击可以通过同时向大量分布式节点发起攻击，绕过传统的边界防护机制。智能体网络需要建立分布式信任机制，每个智能体具备去中心化身份验证与行为可信评估能力，以提高系统的整体安全性。分布式信任机制面临信任关系建立与维护的复杂性挑战，同时需要设计有效机制以保障信任关系的动态建立、更新与管理。

控制模式的受限，使得当前网络很难适应大量智能体共存的业务模型，同时也容易在资源管控和安全管理的层面上产生问题。因此，智能体网络需要系统性设计安全机制，以分布式的方式，适应未来业务的趋势。

2.2 智能体互联网的关键技术需求

针对现有网络的局限性，为适配智能体业务的发展，需要在以下几个方面提出关键技术需求。

一是面向多智能体提供网络服务。设计多智能体协同机制，形成具备更高智能水平的群体智能。结合博弈论、拍卖机制、强化学习等方法优化多智能体协作策略，引入协商、共识、投票等机制提升协同效率，构建知识共享与学习机制，使群体具备持续进化能力。建立去中心化的注册中心，记录智能体的功能、状态与服务接口，实现跨域、跨链范围的智能体协同。通过多维度的发现机制，基于语义、功能、位置等信息实现高效搜索，引入目录服务与推荐算法，提升查找效率与匹配精度，支撑大规模、高性能、可协同的智能体生态。

二是智能体业务的感知与网络能力协同。面向复杂的智能体业务，通过通感算智融合的任务编排调度，提供极致高质和高效的分布式执行能力。同时，网络支持意图识别与流程编排，具有自主执行与工具调用能力，使智能体能自主分解任务并执行，增强上下文感知能力，使智能体能根据环境变化动态调整行为。此外，智能体网络需引入低代码/无代码平台，集成本地与远程工具接口，实现对数据库、API、智能合约等资源的调用，进行灵活和双向的网络开放，提升用户对智能体任务的定制能力，与周边生态充分融合。

三是提供智能体的泛接入管理能力。面向不同的接入方式与制式提供智能体接入能力，保障智能体业务所需的 QoS 要求。在组网层面，根据网络外部智能体的多点通信要求，动态、灵活和高效地形成对应的互联网络。面向多模态的业务提供基于内容的寻址能力，保证上层业务持续演进场景下的敏捷适配能力。在保证智能体之间可达、业务体验可满足的前提下，提供进一步的网络管控和运营能力，提升智能体网络的独特价值。

四是构建安全可信的智能体互联网生态系统。建立智能体身份认证与授权体系，保障服务调用的安全可控。采用密码学、可信执行环境和隐私保护等技术保

障数据与执行安全。构建可追溯的审计机制，实现操作全过程可记录、可验证。引入去中心化治理机制，支持规则制定、争议解决与社区治理。同时，强化合规性审查与 AI 伦理监管，防止滥用与偏见。打造透明、可控、可持续的智能体生态，为智能体互联网的大规模应用提供安全保障与制度支撑。

上述四项关键技术需求，将改变现有的网络协议栈，需要不同运营商、不同网络管理域、不同层次协议之间的相互配合。因此在运营商网络体系中，需构建一套标准化的智能体互联协议体系，类似于互联网 TCP/IP 的分层设计理念。该协议应涵盖通信格式、身份标识、服务接口、跨平台兼容等核心要素，确保不同架构、语言、平台的智能体能够互联互通。需定义统一的消息结构、语义交互方式及服务调用接口，支持异构系统间的互操作性。此外，还需设计分层协议架构，支持从传输到应用的多层通信能力。标准化的互联协议是智能体互联网的基础，有助于构建开放、可扩展的智能体生态系统，为未来 AI 驱动的分布式协作提供技术支撑。

3. 智能体互联网系统架构和关键技术

3.1 系统架构

针对未来网络环境下多智能体协同、任务驱动和泛在服务的需求，本白皮书提出了智能体互联网体系架构，如图 3.1 所示。

图 3.1 智能体互联网架构图

系统架构采用分层设计理念，自下而上划分为基础资源层、互联功能层、协作管理层和应用使能层，构建了从基础设施到应用服务的完整技术栈。基础资源层提供硬件、软件、数据等资源支撑；功能互联层实现智能体间的连接与通信，确保安全可靠的交互环境；协作管理层负责资源调度和任务协调，是系统运行的中枢；应用使能层面向最终用户，提供开发工具和应用服务。各层之间通过标准

化接口互联，形成有机整体，为智能体的大规模应用提供了系统级保障，是构建分布式人工智能生态的基础框架。

基础资源层：作为架构底座，提供智能体互联网运行所需的基础物理资源与数字资源，包括计算资源、网络资源、存储资源、数据资源和模型资源等五种要素，以及网络智能体内生集成与智能体赋能网络运维管理两类能力。

1) 计算资源：面向智能体的推理与训练需求，提供异构算力支持。通过虚拟化与池化技术实现算力按需调度，支持低时延实时推理和大规模离线训练等需求。
2) 网络资源：提供高带宽、低时延和高可靠的连接能力。
3) 存储资源：包括本地缓存、分布式存储和云级存储系统，支持任务数据、中间状态和长期知识的分层存储。
4) 数据资源：包括原始传感数据、业务运行日志、历史知识库等多源异构数据。通过数据治理、标注与抽象建模，数据资源为智能体的学习和推理提供关键支撑。
5) 模型资源：支撑多智能体运行需求，涵盖基础模型、领域模型及轻量化模型。通过集中管理与分布式部署，支持模型的版本控制、在线更新与跨域共享。
6) 网络智能体内生集成：将智能原生嵌入网络基础设施的每个部分，使网络本身成为可感知、可推理、可决策的分布式智能系统。
7) 智能体赋能网络运维：利用智能体的感知、分析决策和执行能力实现网络运营维护的高度自动化、自主化乃至自治化。

基础资源层旨在对跨域异构资源进行统一抽象与池化管理，实现按需弹性调

度，从而为上层功能提供持续稳定、灵活可扩展的支撑能力。

互联功能层：互联功能层负责智能体之间及智能体与外部环境的互联互通，确保能力调用和信息交互的流畅性。该层主要包括以下功能：

1) 接入与认证：支持多样化接入方式，并通过统一身份认证、密钥分发与注册管理，保障智能体接入过程的合法性与安全性。

2) 发现与调用：实现智能体能力的自动发现与按需调用。具体包括三类能力：智能体能力发现，用于识别目标智能体所具备的推理、决策或执行能力；智能体协同调用，支持多个智能体间的跨域协同与任务分工；组件发现与调用，用于扩展系统功能，实现与外部工具或服务的交互。

3) 组网与寻址：提供智能体之间的动态组网与动态寻址机制。支持内容导向路由机制，使数据能够按照内容特征进行定位与传递，为智能体通信提供支撑。

4) 传输与控制：提供面向任务与语义的传输管理与控制机制。包括语义级传输机制，用于在传输过程中识别并处理数据语义信息；并发任务调度机制，用于在执行多个并行任务时协调资源与优先级；路径保障与 QoS 机制，用于在任务处理与路由转发过程中保障时延、带宽、可靠性等多维度指标。

互联功能层通过多维机制保证智能体的快速接入、灵活寻址与信息的高效传输，是支撑大规模多智能体协同的关键。

协作管理层：承担数据、模型、智能体、任务以及安全等多维度的统一管理与协调职能，保障智能体之间的互联互通、资源共享与协同演进。具体包括：

1) 数据管理：提供数据采集、共享、治理与权限控制机制，确保跨域智能

体之间的数据一致性与可信性。

2) 模型管理：支持模型的训练、优化、部署与分发，并能根据业务需求实现模型的快速迁移与迭代。

3) 智能体管理：负责智能体的注册、描述、状态监控与生命周期管理。结合策略约束与行为规范，对智能体的运行过程进行合规性监管，增强智能体的可控性。

4) 任务管理：支持任务分解与多任务协同执行，并根据任务优先级和资源约束，动态调整执行策略，提升任务处理效率和资源利用率。

5) 安全管理：为网络系统提供访问控制、隐私保护、异常检测与风险防护机制。通过可信执行环境和多方安全计算，保障跨主体协作中的数据与模型安全。

协作管理层通过在数据、模型、智能体、任务及安全等方面的系统化管理，实现跨域资源的有序组织与高效协同，为智能体互联网的自治性与可扩展性提供关键支撑。

应用使能层：主要提供智能体服务与应用落地所需的通用能力支撑，确保各类用户能够便捷地构建、组合和调用智能体相关功能。其核心功能包括：

1) 智能体应用市场：提供智能体应用的注册、展示与发布功能，支持多类智能体服务的集中管理与目录发布。

2) 服务编排引擎：具备灵活的服务组件组合能力，支持多服务、多模型、多智能体的灵活编排。

3) 能力封装与 API 开放：通过能力抽象与接口开放，将复杂底层功能转化为可直接调用的标准服务，使第三方开发者无需了解底层逻辑即可调用，

进而促进能力共享与生态协同。

4) 服务定制与开发：建立统一的开发与定制机制，结合工具链、接口规范与模板化能力，支持各类用户对服务逻辑进行差异化设计与持续迭代。

依托上述功能，应用使能层能够有效提升智能体的普适性与可及性，各类用户都能够便捷地构建、组合和调用相关能力。

3.2 关键技术

3.2.1 智能体身份管理

在智能体互联网中，身份体系不仅要支撑复杂多样的业务调用，还要防范身份伪造、隐私泄露、行为不可追溯等风险。这对身份认证、属性验证、隐私保护和操作可追溯性提出了更高的技术要求。

目前的电信业务中，用户身份标识体系主要由运营商建立，用户标识通常与签约信息和上下文信息等相关联。随着智能体业务的发展，用户身份的内容可以变得更加丰富，例如包含公钥凭证和属性凭证。前者可以证明用户的身份，即用户持有的公钥信息，后者可以证明用户所具备的属性，如社会属性、自然属性等。基于电信业务已有的身份标识体系进行数字身份的扩展，对用户相关的智能体的网络接入、业务调用、计费等进行约束，以此实现可运营、可管控的智能体身份管理。未来的智能体身份管理将呈现以下关键技术特征：

1) 分布式数字身份：通过去中心化标识符实现身份的唯一性与可验证性，避免对单一信任根的依赖，支持跨组织、跨平台的身份解析与验证。

2) 属性凭证与最小化披露：在传统公钥凭证的基础上，引入属性凭证，用于证明智能体具备的功能、角色或权限。结合零知识证明等技术，可在

不暴露敏感信息的前提下完成身份验证和能力证明。

3) 跨域信任联盟：通过多方签名与互信机制，不同组织、平台和网络间能够建立互认关系，支撑智能体在跨域调用、数据共享与服务协同中的身份可信性。

4) 动态生命周期管理：身份体系需要支持智能体在生成、演化、迁移与注销等不同阶段的身份演进过程，保证身份与行为具有可追溯性与可控性。

5) 隐私保护与合规治理：结合差分隐私、同态加密等技术手段，实现身份管理与隐私保护的平衡，同时满足不同国家和地区的法律法规要求。

智能体身份管理不仅能够实现跨域可信、灵活迁移和持续服务，还将成为支撑智能体互联网安全体系与业务生态的基石。

3.2.2 智能体能力注册与发现机制

能力注册指的是智能体将其具备的功能和服务向一个或多个集中式或分布式的服务注册中心进行注册的过程。这通常包括智能体可以执行的任务类型、所需的资源、与其他智能体交互的方式等信息。通过这种方式，其他智能体或服务能够了解到该智能体的存在及其提供的功能。注册的内容主要包括智能体的标识符、位置信息、所提供的服务描述、输入/输出格式以及服务质量参数等。可以通过静态配置预先注册，也可以在运行时动态地进行自我注册。

能力发现是指智能体寻找其他能够提供所需服务的智能体的过程。它依赖于先前的注册信息来识别潜在的服务提供者，并根据一定的匹配算法找到最适合的服务。智能体的发现可以基于目录服务等。可信认证机制用于验证智能体的身份以及评估其行为是否值得信赖，这是保障系统安全性和可靠性的重要措施。智能

体互联网首先需要确保单智能体身份的真实性与合法性，并能够动态识别智能体的功能与服务能力，为多智能体之间的协作建立基础。

3.2.3 新型路由寻址

交互对象的平等性是智能体网络的重要特征之一。每个智能体都能够以对等方式与其他智能体进行交互，使得流量模型和组网模式产生变化。在智能体网络中，存在大量东西向的流量，而大量智能体之间的组网模式，也变得更加灵活和动态。

为了应对上述特征，智能体网络需要在基础网络（IP 网络、云网络、边缘网络等）之上构建智能体互联功能层提供互联服务。具体包含如下功能：

1) 动态按需的智能体互联：在智能体网络中，互联关系不再是预先设定的静态管道，而是随着任务需求和环境状态动态演化。影响智能体互联的关键因素包括任务属性、智能体位置、计算与存储资源可用性、数据与算力之间的亲和性，以及安全与信任级别等。为此，需要构建一种按需驱动的互联机制，能够根据任务上下文和运行态势，动态地建立和调整智能体之间的连接。这种互联机制不仅要求具备对拓扑的快速感知和调整能力，还需要在高并发的东西向交互场景下，通过独立的智能体互联管理功能，维持不同任务网络的动态平衡，确保整体通信效率和计算效率的最优。
2) 基于智能体数字身份的寻址：通过数字身份对智能体进行标识，实现智能体的注册、发现和寻址。在单一运营商域内，可以通过 IDM（身份管理）功能实现上述功能；在跨运营商的场景下，不同的运营商的 IDM 能

够通过边缘网关 (类似于 5G 的 SEPP) 来交换各自身份的公钥，HPLMN 为智能体颁发的数字身份就可以在 VPLMN 进行身份认证和接入控制；在运营商和第三方进行互联时，可以采用 IDM 对不同体系的 ID 进行相互关联与转化，再通过边缘网关进行互通。

3) 基于内容的路由：在智能体网络中，交互内容往往复杂多样，仅依赖静态字段或隧道化的转发方式，难以应对动态需求。智能体间的交互可以通过智能化接口（例如 Agent-Based Interface）实现，支持不同智能体/网络中间节点对描述用户与业务的确定性、半结构化的信息等内容进行交互和理解。中间路由节点不仅转发数据，还需具备解析和理解部分语义的能力，从而将请求引导至最合适的智能体或服务。

3.2.4 新型传输机制

随着智能体间协同需求的快速增长和任务驱动型通信模式的兴起，传统以中心化控制、南北向流量为主的传输模式，已难以满足智能体互联网中对高动态、强协同和低时延的交互需求。为此，智能体网络在互联功能层引入一系列创新性的传输机制，构建以“东西向流量主导、数据不出网、路径可编程、任务优先调度”为特征的端到端传输体系，如图 3.2 所示。

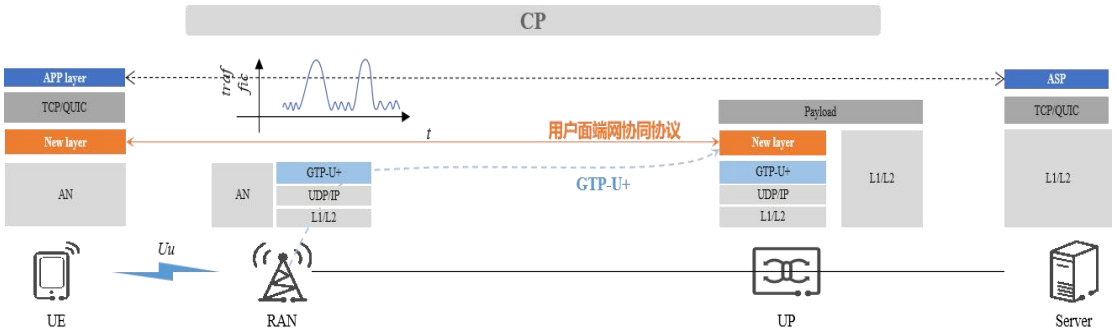

图 3.2 端网随路会话协议设计

面向网络互联功能，重点是从“固定管道”向“任务驱动的动态组网”转变：

1) 动态群组与半结构化定义：智能体可根据任务需求主动发起临时群组，群组定义通过半结构化接口进行描述，能够灵活适配不同场景下的多智能体自组织协同。
2) 多点互联与轻量化信令：引入 MESH 化组网架构，通过源路由或轻量化隧道机制，在智能体之间快速建立点对点或群组通信路径，避免传统中心化控制带来的高信令开销，提升组网效率与响应速度。
3) 会话连续性机制：在网络拓扑或智能体位置变化时，保持逻辑标识不变，实现任务会话的不中断，保障分布式任务在迁移过程中的稳定执行。

引入面向任务的差异化传输机制：

1) 分段式连接与中继服务：通过部署具备 Relay 功能的中继节点，为智能体之间提供协议代理与多跳转发能力，支持异构智能体间的无缝互通。
2) 任务优先级调度：在多流并发的情况下，传输层可根据任务级别的 SLA（如时延、成功率、能耗）对流量进行差异化调度，确保关键任务获得优先传输保障。
3) 灵活逻辑拓扑：Relay 节点支持 UE–Relay–Relay–UE 等多跳链路，形成可编程的逻辑拓扑，适用于跨域覆盖、边缘协同等复杂场景。

典型端到端连接建立过程如下：当智能体 A 通过发现机制获取对端智能体 B 的标识（如 ID 或 IP 地址）后，可向接入的中继节点发起 Connect 请求，指定目标地址和流标识。请求逐跳转发至目标节点，沿途中继节点维护流标识映射关系，保证端到端连接的一致性。该过程无需依赖核心控制平面的深度介入，由分布式节点自治完成，从而显著降低建连时延并提高可扩展性。

协议栈演进方面，NAS 协议端网协同支持智能体以半结构化方式声明组网需求，网络侧通过策略引擎进行动态匹配与资源分配。GTP-U 协议增强扩展源路由字段，允许在隧道建立时指定多跳路径，并通过可编程路径标记实现传输路径的动态调整。

综上所述，智能体网络的新传输机制以东西流量优化为核心，融合动态组网管理、源路由、协议增强与中继调度等关键技术，构建具备动态适应能力的传输控制机制，实现网络资源与业务需求的精准匹配。该机制在保障数据安全的同时，通过路径可编程、连接可演进的架构设计，为智能体协作场景提供端到端的传输质量保障，为未来智能体大规模协同应用提供了坚实的基础支撑。

3.2.5 多模态内容交互

随着 AI 和网络的融合演进，智能体互联网正在从以文本为主的单一模态交互，走向涵盖文本、语音、图像、视频、动作指令等在内的多模态交互。为了支撑复杂信息流的交互，需要智能体互联网支持多模态媒体协商和传输能力。

1) 多模态媒体协商：不同智能体可能具备差异化的多模态处理能力，例如在编解码格式、分辨率、带宽占用或推理接口方面存在不一致。为了确保任务交互的互通性，智能体之间需要具备一种轻量化的协商机制，用于动态确定多模态内容的最佳传输格式和参数。
2) 多流复用与优先级调度：多模态内容的 QoS 差异显著，例如语音需要低时延，视频需要高带宽，文本则对时延和带宽不敏感，这要求不同的模态数据采用不同的传输流。传输体系需要支持在单一连接内进行多流复用，并为不同模态设置独立的调度与优先级策略，同时可为不同流设置

差异化传输优先级，从而降低连接开销并提升资源利用率。

3) 多模态同步与协作：在任务执行过程中，智能体往往同时接收来自语音、图像和文本的多模态信息，并通过时间戳、序列号或语义锚点来保证模态间的对齐和协同。在网络条件波动时，传输系统需要具备自适应策略，例如当带宽下降时动态降低视频码率以保障语音连续性，从而保证整体任务交互体验。

3.2.6 任务编排与控制

智能体互联网络是一种面向未来的网络范式，不再局限于传统通信连接，更融合了算力、感知、安全、数据与智能等多要素资源，具备构建互联网规模智能应用的能力。与传统以连接为中心、提供预定义和静态服务的网络架构不同，智能体互联网以任务为中心，强调自治性、协作性、适应性与分布式智能，推动网络从功能调用向目标驱动演进。

在智能体互联网络中，任务编排与控制机制是实现多智能体协同工作的关键。它不仅决定任务的分配方式，还直接影响系统的整体效率、响应速度与鲁棒性。为实现任务导向的服务能力，需构建融合连接、计算、感知、安全、数据与智能等多要素的一体化调度体系，从而支撑智能体网络的“XaaS（Everything-as-a-Service）”能力。

“任务”指由多个要素协同完成的目标导向行为。因此，网络能力的管控逻辑需发生三方面转变：

1) 管控对象升级：在传统“会话”基础上，引入“任务”作为新的管控单元，使网络能力能够面向目标而非仅面向连接进行编排。需要建立任务

标识机制，实现跨域、跨系统的任务唯一标识与跟踪，支持任务在互联网范围内的识别、调度与溯源。

2) 资源调度扩展：从以往单一的连接资源调度，扩展至计算、数据、模型、算法等多要素资源的协同调度。有必要引入跨域资源抽象与虚拟化技术，将异构资源统一描述为 API 化能力，支持在互联网环境下的按需编排与服务化调用。

3) 粒度深化：将调度与保障的粒度深化至任务级，以满足多样化智能体任务的差异化需求。需要建立任务级 SLA 与指标体系，涵盖延迟、成功率、能耗、隐私保护等多维指标，实现任务过程的度量、优化与保障。

在智能体互联网络中，任务的编排具体流程包括：

1) 需求识别：通过统一的编排请求接口接收任务请求，解析其业务形态，并将其转化为网络可理解、可配置的任务需求。请求来源可包括网络内部、终端侧或第三方系统。此阶段可引入“意图驱动”技术，通过意图解析自动生成算网资源配置与任务调度方案，提升智能化水平。

2) 智能编排：编排器根据识别结果进行业务流程图生成、功能匹配与资源编排。采用人工智能（如大模型）进行智能编排，可自动重组已有功能，甚至生成新功能，以应对复杂任务场景。

3) 任务分解：复杂任务需进一步拆解为子任务，形成层次化的执行结构。可借助图计算与工作流引擎，对任务进行依赖建模、优先级排序，并实现子任务结果的聚合与反馈，以保证整体目标达成。

4) 资源调度：编排器结合网络、计算、数据、算法等多维度资源状态，完成最优的资源映射。设计跨域资源调度协议与虚拟化资源目录支撑任务

实现动态、柔性调度。

3.2.7 智能体服务提供

随着 AI Agent 的蓬勃发展，能够完成各种功能的 Agent 层出不穷，它们能帮助人们自动完成很多任务。为了更加智能地帮助人们在工作和生活中解决问题，在更加广阔的范围内实现智能任务处理，不仅 Agent 调用各种工具的需求激增。同时，Agent 之间的协作通信的需求越来越强烈。为了实现更加通用的跨厂商协作，如图 3.3 所示，Agent 接口从应用层定制协议向协作层和服务层通用协议演进。

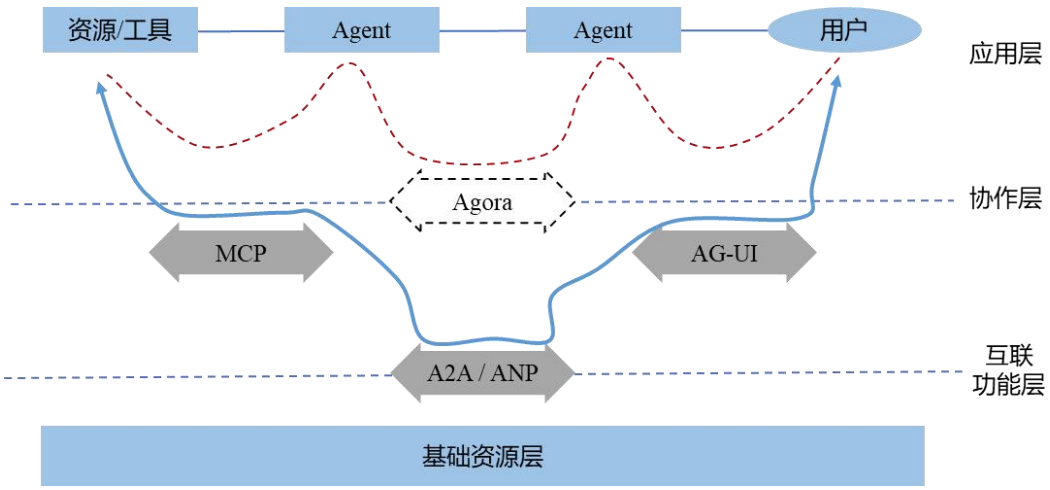

图 3.3 Agent 接口协议从定制向通用演进

MCP 是一个连接 LLM 智能体与外部资源互操作性增强的通用目的协议，不再是某个厂商定制协议，解决了不同基础 LLM 和工具提供商接口碎片化的问题，让工具调用标准化。AG-UI 和 MCP 作为通用协议，大大提升了 Agent 和周边的协作通用性，提升了效率，但是应用层针对不同场景的灵活性无法通过通用协议得到保证，因此希望通过不同能力的 Agent 之间的协作来实现适应不同场景

的灵活性，于是推出了 A2A 和 ANP 协议，希望实现不同能力的 Agent 之间的通用的协作和通信协议。A2A 的出发点是实现企业内部智能体之间的复杂协作，而 ANP 的目的是实现智能体在互联网上的连接与协作。

为了实现不同厂商的 Agent 在语义层面的互通，还利用 LLM 的语义理解能力构建松耦合的协议表示，于是引入 Agora 元协议层，它能够动态切换自然语言与结构化协议，解决 A2A 或 ANP 在兼顾通用性、效率、可移植性方面的难题，实现服务层和协作层对应用层不同场景的灵活适配。

图 3.3 展示了网络协议栈从叠加支持智能体功能向内生设计演进的中间态，未来运营商可以在电信网络基础设施上以类似网络切片的方式为 AI Agent 提供 ACN 网络服务。ACN 的协议栈结构是面向智能体内生设计的，具有现有叠加协议栈所不具备的很多能力。例如 ACN 可以提供面向 Agent 协作专门进行优化的标识解析、接入发现、流量调度传输控制等内生的服务机制，还可以在此基础上提供多智能体协商、组网、隔离等服务。

3.2.8 智能体安全机制

将智能体引入未来互联网对现有网络安全体系提出了新挑战与需求。智能体将成为终端与网络的核心通信端点之一，因此需构建安全控制流程，并针对智能体特殊的可信需求，提供访问安全控制、安全传输、跨域安全协同能力以及智能体网络的可信连接能力。可采用的技术包括：

1) 用户授权与知晓。用户对智能体工作任务的授权和许可机制、智能体服务面向用户的可见性/透明性，确保用户清晰知晓其与运营商约定的数据使用目的。

2) 基础的、多样化密码算法、协议和密钥管理。保障智能体对数据处理和传输、存储的安全性。

3) 分布式账本共识技术。多方信任是智能体交互的典型信任模型，分布式账本技术为其提供了底层信任支撑，可使持有各权威机构凭证的不同智能体实现互信；作为共识基础设施，能为智能体的关键信息提供防篡改与透明可审计的能力。

4) 基于密文的计算。为消除用户隐私顾虑，基于密文的计算技术可对网络中存储的用户数据实现“可算不可见”，支持安全的查询与计算操作。将基于密文的计算技术集成到智能体中，确保对不同安全等级数据的隐私进行合规处理。

5) 面向智能体的分布式身份体系。电信网络的分布式身份体系可为智能体提供基于多信任根的快速认证、密钥协商、细粒度授权及选择性隐私披露能力。同时，该体系支持跨域安全，例如针对不同任务群组或不同网络域的智能体，可通过统一分布式身份及身份管理策略实现互联互通。

6) 量子安全。量子安全技术涵盖基于密码学的后量子密码（PQC）及其协议，以及量子密钥分发（QKD）等量子安全传输技术。当前网络需前瞻性部署量子安全技术（如 PQC 迁移），为抵御量子攻击奠定基础；智能体的相关算法从设计之初就需融入量子安全的考量。

3.2.9 智能化的能力开放

未来面向 AI 的智能化能力开放，不仅是网络功能的显式呈现，更是推动网络能力向业务价值高效转化的关键路径。智能体互联网的网络能力开放将解决现

有 Network API 的问题，具有如下特性：

1) 网络能力允许以可插拔工具或智能 Agent 的形式对外开放，使第三方能够直接集成而非仅通过静态 API 调用。
2) 系统能够理解自然语言表述的任务意图，并基于此进行动态编排和自动化调用，实现“从意图到能力”的自适应映射。
3) 除开放自身能力外，还能通过对接第三方工具或 Agent 扩展功能边界，形成开放、可演进的能力生态。

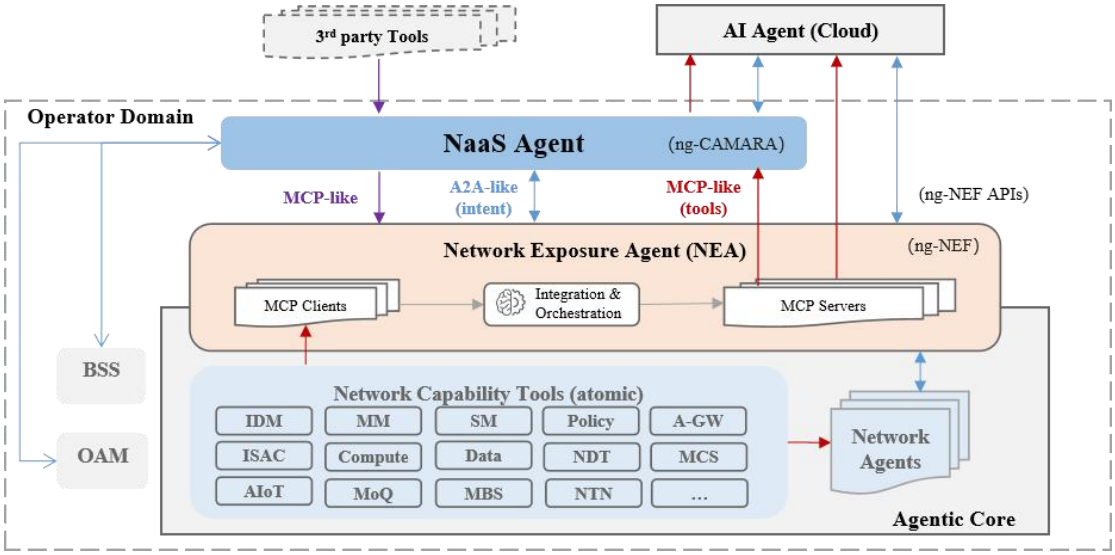

图 3.4 运营商网络智能化能力开放架构示意图

以运营商网络为例，如图 3.4 所示，可以构建以网络开放智能体（NEA, Network Exposure Agent）为核心的智能化开放架构。NEA 作为智能的“能力网关”和“生态连接器”，在网络内部对原子化能力进行预编排，形成对外可调用的接口（MCP-like / A2A-like）。该架构不仅支持基于意图的网络生成、跨域协同和第三方工具集成，还能以面向任务的方式对接智能体生态。开发者无需理解底层

复杂协议，即可通过简洁接口调用组合能力，快速嵌入自有 AI 工具与业务逻辑，从而显著降低创新门槛。与此同时，第三方能够在开放网络能力的底座之上，灵活构建差异化、高价值的应用场景，实现运营商、开发者与用户之间的价值闭环，推动智能体互联网生态的繁荣与规模化落地。

4. 智能体互联网的演进路径

4.1 从网络基础设施向智能服务基础设施演进

为支撑未来智能体互联网的发展，现有网络基础设施需向融合算力、数据、模型的 AI 基础设施演进，从“数据传输管道”升级为“智能协同基座”，通过重构资源调度逻辑、优化数据流通机制、强化模型协同能力，满足智能体自主协作、动态进化的核心需求。

一是网络基础设施向分布式算力架构演进。传统网络基础设施主要服务于数据的传输与存储，而智能体互联网强调的是智能体之间的自主交互与协同决策，对算力的需求从“集中式、静态分配”向“分布化、弹性化、泛在化”转变。因此，算力基础设施正在向“云-边-端协同”的 AI 算力架构演进：

1) 云端提供大规模 AI 模型训练、全局资源调度与智能体管理能力；
2) 边缘侧承担实时推理、本地决策与任务执行功能，满足低延迟、高响应性的需求；
3) 终端则部署轻量级智能体，具备感知、交互与简单决策能力，形成泛在智能节点。

分布式的算力基础设施将能够发挥巨大的作用，例如贴近智能体用户的移动通信网络，能够更好的发挥边缘算力资源优势，为其提供低时延高可靠的算力基础设施服务。此外，还需支持异构计算与专用芯片的广泛部署，提升 AI 模型训练与推理效率，支撑智能体的高效运行与快速响应。

二是基础设施向 AI 数据治理与流通体系演进。智能体互联网依赖于海量、多源、异构数据的支撑，以满足感知、学习、推理与决策的需求。现有网络基础

设施在数据层面正逐步演进为具备数据治理、隐私保护与高效流通能力的 AI 数据基础设施，主要方向包括：

1) 构建统一的数据标准与接口规范，支持多模态数据的采集、存储与处理；
2) 引入联邦学习、差分隐私、同态加密等技术，在保障数据隐私的前提下实现跨域协同学习；
3) 构建可信的数据流通机制，结合区块链技术，实现数据权属确认、合规交易与安全共享，提升数据流通效率与可信度；
4) 完善数据质量评估与治理机制，确保智能体训练与运行所依赖数据的准确性、完整性与合规性。

数据基础设施将由“数据仓库”向“智能数据中枢”转型，为智能体互联网提供高质量、可信任的数据支撑。

三是通信协议与网络架构向 AI 模型交互与语义通信演进。随着智能体互联网的发展，网络通信需求从“数据传输”逐步转向“模型交互”和“语义通信”。传统网络协议（如 TCP/IP、HTTP）已难以满足智能体之间的高效互操作与语义理解需求，未来演进方向主要包括：

1) 支持 AI 模型的轻量化部署与动态加载，使智能体能够根据任务需求按需获取和更新模型；
2) 引入语义化通信协议，基于知识图谱实现意图表达与理解，提升智能体之间的协作效率；
3) 推动模型即服务（MaaS）架构发展，构建 AI 模型的共享与调用机制，实现模型的按需分发与协同运行；
4) 推动低延迟、高并发、轻量级通信协议的应用，满足智能体高频交互与

实时响应的需求。

网络基础设施从“信息传输通道”升级为“智能交互平台”，支撑智能体之间的高效协作与自主决策。

四是构建开放、可信、协同的智能服务基础设施生态。为保障智能体互联网的安全、稳定与可持续发展，需要构建开放、可信、协同的生态系统。其关键方向包括：

1) 建立统一的身份认证与授权机制，确保智能体身份可信、服务调用可控；
2) 引入可信执行环境（TEE）、区块链、零知识证明等技术，保障模型、数据与通信的安全性；
3) 构建去中心化治理机制，实现规则制定、资源分配与争议解决的透明化；
4) 加强 AI 基础设施标准体系建设，促进跨平台、跨系统、跨领域的互操作与兼容。

逐步形成面向智能体互联网的开放、可信、协同生态环境，推动产业规模化发展和跨领域融合应用。依托移动通信网络等较为成熟的身份与跨域基础设施，构建全球统一的智能体网络是可选路径。这将有助于加速形成服务于智能体产业的网络体系，促进行业生态的健康发展与持续完善。

4.2 从内容网络向智能体网络演进

互联网正经历一场深刻的范式迁移，从以“内容”为中心的信息传递网络，迈向以“智能体”为核心的任务协同平台。智能体互联网要求网络基础设施不再仅限于传统的“连接设备”和“搬运比特”角色，而是具备意图理解、满足复杂业务需求、支撑跨域大规模协作的能力，并带来三大关键领域的突破性变革：

一是意图驱动的寻址与路由机制将颠覆传统位置寻址模式。 传统 IP 地址或

URL 仅标识设备位置，无法表达智能体的功能或任务意图。新一代协议需引入标准化的能力描述语言，声明智能体的功能接口、数据格式及服务质量需求。在网络边缘部署轻量级语义解析引擎，将自然语言意图转化为可执行的服务组合指令，并结合分布式能力注册库实现动态发现。路由决策不再依赖 IP 地址，而是基于任务上下文、资源约束及信任关系。这一机制带来三方面关键提升：

1) 交互更简单直观：用户和智能体只需表达“做什么”或“需要什么”，网络即可自动理解并匹配所需服务，避免依赖底层地址与协议，显著降低交互门槛。
2) 服务发现与组合更智能：借助能力描述与注册机制，网络可实时发现符合功能、数据与 QoS 需求的服务，并智能组合多个服务以完成复杂意图，实现协同效应。
3) 资源利用与任务执行更优化高效：路由与调度过程动态结合场景紧急性、实时资源状态与安全策略，选择最优执行路径和服务实例，从而提升任务成功率与可靠性，并实现网络资源的精细化调度与使用。

二是面向智能体业务提供卓越 QoS 保障与体验升级。为支撑智能体间复杂、动态的协作，网络协议需提供细粒度的多模态流融合传输能力。在同一会话通道内，应能并行承载小流量传感器数据、突发任务事件通知及大通量视频流等多种数据，并依据其差异化需求实施分层 QoS 策略。在 QoS 策略配置和保障方面，移动通信网络具备天然的优势。基于此，不同模态数据——从视频图像到控制指令再到紧急通知——都能获得与其业务价值相匹配的传输保障，实现更高效的智能体交互。此外，引入 AI 驱动的自适应流控制机制以确保业务连续性，例如在网络拥塞时智能降级非关键数据的传输质量，或在移动边缘计算场景下，预

测智能体移动轨迹并主动预取下一区域所需的模型片段。

三是智能体跨域协同使能互联网规模化发展。智能体互联网的本质在于打破边界，实现跨域、跨生态的规模化协同。高效的智能体发现机制是跨域协同与服务互联的基础引擎。为此，未来网络需构建分层化、域内集中与跨域互联相结合的统一发现体系，通过标准化、可互操作的模块，确保智能体无论位于运营商网络、终端生态还是互联网平台（OTT），都能被全域发现、可信调用并实现无缝协作。

4.3 从单一接入到泛接入的智能体互联网

随着智能体互联网的不断发展，传统以“人”为中心、以“设备”为终端的网络接入模式正在发生深刻变革。网络基础设施正从单一接入向泛接入演进，构建一个支持海量智能体、异构设备、多模态交互、跨域协同的新型接入体系，为智能体之间的自主通信、协作与执行提供全面支撑。

一是接入对象从“人与设备”扩展到“智能体与服务”。传统网络基础设施主要服务于人类用户和终端设备，接入对象相对固定、交互方式单一。而在智能体互联网中，智能体成为核心接入单元，包括软件智能体（如 AI 助手、数字员工）、硬件智能体（如机器人、自动驾驶系统）、服务型智能体（如 API 服务、智能合约）等。这些智能体具备自主性、交互性与协同能力，要求网络支持其动态注册、自主发现、服务调用与任务执行。

二是接入方式正从固定连接向泛在连接演进。智能体互联网依托移动通信网络等泛在接入方式，实现随时随地的智能交互与协作，对网络接入的灵活性、实时性和连续性提出了更高要求。因此，网络接入正由传统的有线与有限制的无线方式，向覆盖蜂窝、Wi-Fi、卫星、低功耗物联网等多层次、多场景的泛在连接

格局演进。多样化的接入方式将支撑智能体在不同场景下实现无缝接入与高效通信。同时，依托全球互通的运营商网络，有望构建统一的智能体网络，推动跨产业的深度融合。

三是接入管理从“中心化控制”向“去中心化自治”转变。在智能体互联网中，接入管理需支持动态发现、自主注册、可信认证与分布式治理。传统以中心服务器为核心的接入控制机制难以满足大规模智能体的灵活接入与协作需求。因此，网络基础设施正向去中心化接入管理演进，采用区块链、DID（去中心化身份）、智能合约等技术，实现智能体身份的可信认证、服务的自动发现与资源的动态授权。

四是接入安全从“边界防护”向“内生可信”演进。面对智能体互联网中大量自主运行、跨域协作的智能体，传统“边界防护”型网络安全机制已难以满足安全需求。未来的接入安全体系需具备内生可信能力，通过端到端加密、行为审计等技术，保障智能体接入、通信与执行过程中的机密性、完整性与可追溯性。

4.4 从面向连接转为面向任务的 XaaS 平台

传统互联网架构以“连接”为核心，依托预定义、中心化的静态服务实现信息传递，在应对复杂任务协同、动态环境适应及多要素融合时面临根本性瓶颈。智能体互联网通过范式跃迁突破此局限——将架构核心从“连接”转向“任务”，构建由自治智能体单元组成的分布式系统。该系统具备自主决策、动态协作、环境自适应与弹性扩展四大特征，为工业互联网、智慧城市等大规模智能化应用提供原生支撑。

如图 4.1 所示，智能体互联网以“任务”为核心驱动，构建具备智能感知与自主决策能力的网络系统，其主要构成包括以下三方面：

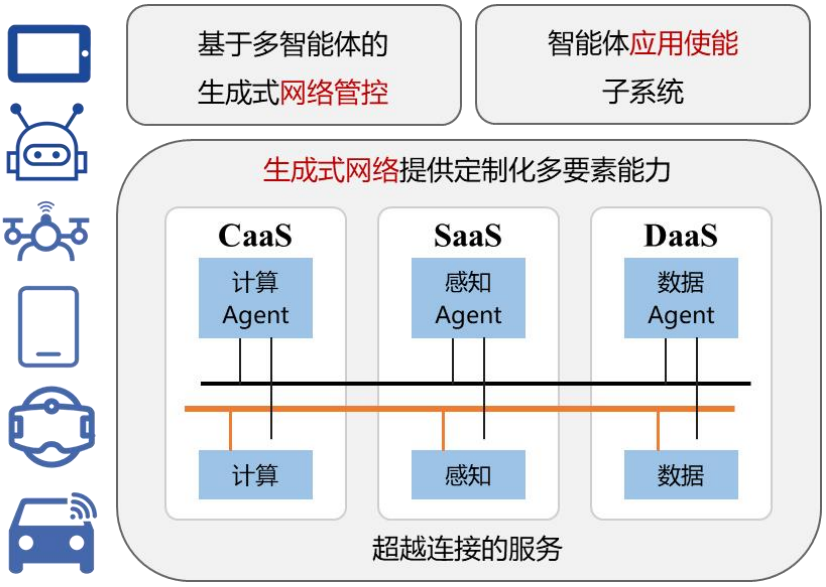

图 4.1 多智能体的生成式网络

1) 基于多智能体的生成式网络：利用多智能体系统的自主性与协作性，动态生成并调度网络所需的多要素能力。上述能力不仅包括传统的连接资源，还涵盖计算能力、感知能力、数据处理能力等。通过智能体之间的协同与反馈机制，网络能力可根据任务需求实时生成与优化，而非依赖固定配置。

2) 定制化生成式网络：在网络管控的支持下，根据任务目标自动组合所需资源，实现计算资源的弹性调度，如边缘计算节点的动态调用、感知能力的按需激活以及数据能力的智能聚合与处理。

3) 智能体应用使能子系统：智能体互联网架构中的关键组成部分，为智能体应用提供开发、部署、运行与管理的支撑环境。通过服务抽象与组合机制，将底层能力封装为可复用模块，支持智能体按需调用与灵活组合。

面向任务的网络演进在于将能力生成模式从传统的“预定义服务”彻底革新为“目标和任务导向的能力动态组合”。用户交互模式由调用特定应用转变为直

接表达目标或意图，任务的分解、规划、资源调度与执行流程由智能体自主完成。为此，智能体将自身及所调用的能力封装为原子化服务，并依据任务逻辑在运行时动态组合成灵活的服务链，实现前所未有的编排自由度。凭借跨域协作特性，智能体能够打破应用与系统的边界，实现跨平台、跨系统的无缝协同与多领域资源的深度融合。与此同时，系统通过内置反馈机制与持续数据积累不断学习和优化任务执行策略，在效率与质量上实现自我进化。这一范式赋予网络更强的弹性与内生智能，更在价值层面带来广泛影响：用户体验将更加自然、高效和个性化，用户意图直接成为服务的起点；系统架构具备可持续演进与复杂环境自适应的能力；企业的服务模式也将迈向精准、动态、自适应的新阶段，能够实时响应市场变化与用户需求，提供更具价值的智能化服务。

5. 智能体应用案例

5.1 智慧网络：新通话

随着 AI 技术的快速发展，运营商会为用户提供更加个性化和丰富的业务，其中网络个人助理、通过网络赋能的沉浸式通话、智能体间的多模态通信都是其中典型应用案例。

网络个人助理是运营商为个人用户提供的一种定制化服务，其通过语音、视频、文字、手势或其他方式与用户进行交互。在用户同意的情况下能够通过访问存储在网络中的用户数据，并根据用户的意图和需求为用户提供服务。由于网络个人智能助理具备精准的语义理解、丰富的知识库、自然的对话体验、智能的推荐功能和强大的环境感知，同时利用 AI Agent 的记忆和推理等能力，个人助理可以为用户提供丰富的业务。例如，在关机场景下的智能代答、日程提醒、同第三方 AI Agent 交互完成酒店、航班预定等日常事务的处理。同时通信双方的个人助理还可以互相通信，协同完成指定的任务，如出行计划的协商、制定等。个人助理还可以根据用户的需求进行图片、3D 图像的生成和修改等。

图 5.1 智能通话助理

沉浸式通信是利用网络提供的生成式人工智能、空间计算和分布式渲染能力，为沉浸式终端设备（如 AR/XR 终端）提供多维沉浸式通话体验。例如，在通话过程中，网络可以帮助用户将 2D 内容转换为 3D，并通过 AR 眼镜进行显示。通过网络提供的空间计算和分布式渲染能力，网络可以为用户提供虚实叠加沉浸式体现，包括沉浸式共享空间、虚实导航以及协同设计等功能。

图 5.2 智能沉浸式通信

多模态通信利用网络多模态信息的交换和转发能力，为用户提供更丰富、智能的业务。例如，当盲人带着 AR 眼镜外出时，AR 眼镜借助各种传感器将物理世界的信息，如视频、用户位置、天气温度等信息发送给运营商网络。运营商借助 MLLMs 实时分析终端发送的多模态信息，并同第三方具备 AI Agent 能力的导航系统交互，为盲人提供合理的语音导航。

5.2 智能应用：搜索与知识

在未来智能体互联网中，人机交互模式将迎来深刻变革，实现从“被动响应”到“主动服务”的范式跃迁。以全闭环任务为例：用户输入关键词后，智能体通过理解意图即可自主完成复杂的搜索与知识型任务。这一过程不仅依赖自然语言处理技术，还需要智能体具备跨领域知识整合与动态决策能力。其典型流程如下：

1) 意图深度解析：当用户输入关键词（如“如何安排一次北京到上海的商务出行”），感知智能体首先捕捉输入内容，交由语义理解智能体分析潜在需求。智能体能够结合上下文信息（用户身份、时间节点、历史行为等），精准判断用户并非单纯查询信息，而是需要完整的行程解决方案。
2) 任务智能拆解：任务规划智能体将上述需求拆解为若干子任务——包括机票查询与预订、酒店推荐与预订、交通接送调度、会议日程提醒等，并动态分配给对应功能型智能体(如航班查询 Agent、酒店推荐 Agent、出行调度 Agent 等），形成分工明确的协作网络。
3) 跨域自主协作：各智能体依托统一通信协议与协作机制，实现跨平台、跨服务的数据交互与任务执行。例如，航班查询 Agent 自动调用航空公司 API 获取实时舱位与价格；酒店推荐 Agent 结合用户偏好（如偏好安静街区、含会议室）和预算筛选最优选项；出行调度 Agent 对接打车平台，根据航班起降时间联动安排接送车辆，全程无需人工介入。
4) 动态闭环管控：协调智能体实时监控任务进度，遇异常时（如航班延误、酒店满房）自动触发调整机制。若航班晚点，同步延后接机车辆时间并推送新的行程提醒；若目标酒店不可用，立即调度酒店推荐 Agent 更新备选方案。最终，汇总反馈智能体将所有结果整合为自然语言报告（含行程表、预订凭证、应急方案）反馈给用户，完成从“关键词输入”到“任务全闭环”的无缝衔接。
5) 智能体通过标准化协议实现自主协作，在意图识别、任务编排、执行监控等环节展现出高度智能，为未来智能服务与数字助手的发展提供了清

晰范式。

5.3 智慧城市：基于 AI Agent 的城市流量监控

未来移动网络需要支持 AI 与通信、感知与通信融合等新业务场景。这些新业务场景要求网络具备包括 AI（如 AI 模型推理、AI 计算）和感知（如速率估计、定位）相关等多种能力以及通信、计算等多维资源。鉴于不同业务的需求和服务质量要求不同，未来移动网络需要具备强大的按需定制能力，能够灵活编排、配置和控制各种功能和资源，以满足新业务的多样化需求，从而使能新的盈利模式。

对于定制网络的提供，基于预定义模板和固定服务流程的传统方法存在一些局限性，例如灵活性不足、用户使用门槛较高（例如需要具备详细的 3GPP 网络功能及相应 API 的专业知识）等。由于 AI Agent 具备强大的意图理解、工具使用、规划、决策、任务执行和自我演进的能力，因此可以将 AI Agent 引入移动网络，用于提供新业务的定制网络。

以智慧城市场景为例，在旅游高峰期，智慧城市运营商需要实时获取景点的乘客和车流量信息，实施智能交通调度，缓解拥堵，提高市民的出行便利性。因此，智慧城市运营商要求移动网络提供定制网络来监控人车流量。当旅游高峰期过去，智能城市运营商可申请终止该流量监控业务，从而将对应的定制网络删除。因此，定制网络的创建和回收是动态按需进行的。上述用例的服务流程如下如图 5.3 所示：

1) 智慧城市运营商以文本、语音或视频的形式向网络发起业务请求，例如请监控世纪公园从 8:00 到 17:00 的人流量和车流量。
2) 网络中的 multi-agent 系统协作生成一个定制网络用于提供人车流量监控服务。具体来说，multi-agent 规划业务流程，配置感知能力、数据

处理功能、连接相关功能以及所需的通信、计算资源等。

3) 在定制网络的运行期间，multi-agent 确保相关功能的正确执行，保证 QoS，并在出现某些故障时自主优化网络。

4) 业务结果（如监控的人车数量）按需发送给智慧城市运营商，例如以每分钟一次的周期发送。

5) 业务完成后，自动回收定制网络。

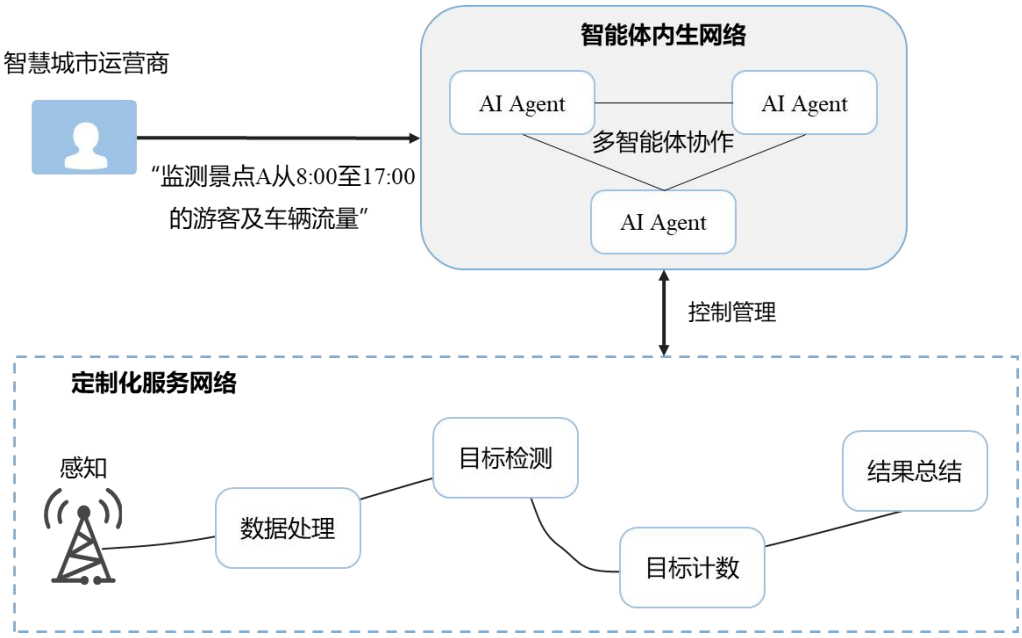

图 5.3 基于 Agent 的智慧城市流量监控网络

5.4 智慧生活：基于 AI Agent 的多生活助手

AI Agent 的普及将极大地丰富人们的日常生活。在未来的生产场景中，如工业、智慧城市和医疗， AI Agents 将被用来补充甚至替代人类劳动。类似于人类，AI Agent 不再只是命令的被动接收和执行者，还具备自主的分析决策、工具使用能力。由于 AI Agent 本地传感器感知能力和本地模型准确性有限，可

能会导致决策非最优，不足以确保安全、高效的操作。因此，移动网络可以为 AI Agent 提供连接以及全局感知和辅助 AI 服务。

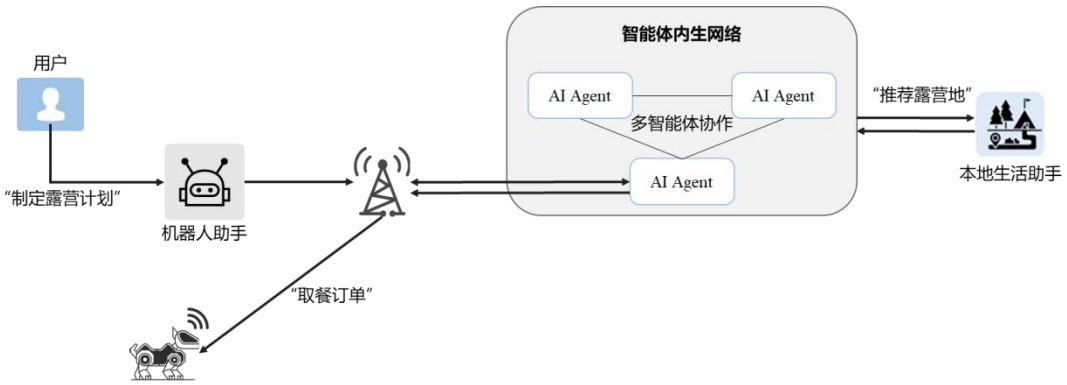

图 5.4 智慧生活关键实体和总体业务流程

假设一个用户拥有多种类型的 AI Agent，包括智能汽车、无人机、机器人仆人和机器狗，它们由不同的制造商生产，具备不同的能力，都已注册并接入移动网络，并且每个 AI Agent 都被分配了一个唯一标识。用户的 AI Agent 可以通过意图发起请求，移动网络中的 AI Agent 能够理解这些意图并提供所需的服务。

考虑一个例子，用户想在周末去露营，AI Agent 需要协同工作，在网络的协助下制定一个良好的露营计划。其服务流程如图 5.4 所示：

1) 机器人仆人代表用户向移动网络发送“制定露营计划”的意图。

2) 移动网络中的 AI Agent 解析意图并将其分解为子任务，然后将这些子任务分配给用户不同的 AI Agent。例如，网络 AI Agent 请求本地生活助手（由第三方提供的 AI Agent）推荐露营地，指示智能汽车设计最佳路线接载家庭成员，要求机器人仆人根据用户的口味提前预订食物。

3) 网络 AI Agent 为涉及的用户 AI Agent 建立连接以使得它们可以彼此通信。例如，本地生活助手将露营地地址发送给智能汽车以设计路线。机器人仆人根据用户的口味选择餐厅，并将餐厅信息发送给机器狗，指示它去取餐。
4) 用户的 AI Agent 执行分配的子任务。当 AI Agent 无法很好地执行子任务时，它们会请求网络提供辅助服务。例如，由于本地感知能力的限制，智能汽车在确定从用户家到露营地的最佳路线时，会请求网络提供感知服务。
5) 网络监控执行子任务的 AI Agent，当发生某些异常时，会替换新的 AI Agent 来完成子任务。

6. 总结和展望

智能体互联网是互联网演进的重要方向，其核心目标在于推动网络由“连接信息”向“连接智能”转型。本白皮书围绕关键挑战、架构体系、核心技术、演进路径及典型案例等方面进行了系统阐述，并明确未来智能体互联网的发展目标与演进方向。

智能体互联网的建设既能促进算力、数据、模型与网络的深度融合，支撑产业和社会的智能化升级，也能降低应用开发门槛，激发更多创新与实践，为数字经济注入新的增长活力。通过构建开放、可信、协同的网络环境，为跨行业的资源整合和多智能体的协同运行提供条件。随着应用场景的不断扩展，智能体互联网将在推动产业转型、优化公共服务等方面发挥重要作用，成为未来信息通信发展的关键支点。

智能体互联网的构建是一项系统工程，需要产业链各环节、科研机构和标准化组织的共同努力。为促进技术成熟与生态繁荣，本白皮书提出如下倡议：

一是加快标准体系建设。智能体互联网的落地离不开统一的技术与标准支撑。应积极推动关键技术和协议在国际标准中的研究与制定，为产业发展和生态扩展提供保障。

二是培育开放协同生态。智能体互联网的发展依赖多方共同参与，应加强产业链上下游的联动，促进能力与资源的融合与互补，共同塑造开放、可信、可持续的创新生态。

三是稳步推进应用与治理。应用落地是智能体互联网价值实现的关键，应以典型场景为切入点，分阶段推动规模化部署，同步完善安全、治理和信任框架，保障智能体互联网在创新驱动下长期稳定演进。

展望未来，智能体互联网不仅是新一代信息基础设施的重要组成部分，更是全球智能协作的关键平台。随着体系的逐步完善，将形成开放、可信、可持续发展的智能生态，推动人类社会迈向全面智能互联的新阶段。

缩略语列表

AI	Artificial Intelligence	人工智能
AGI	Artificial General Intelligence	通用人工智能
AI Agent	Artificial Intelligence Agent	智能体
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	传输控制协议/网际协议
PC	Personal Computer	个人计算机
IPv4/IPv6	Internet Protocol Version 4/Version 6	网际协议版本 4/版本 6
BGP/OSPF	Border Gateway Protocol/Open Shortest Path First	边界网关协议/开放式最短路径优先
OSI	Open Systems Interconnection	开放系统互连（参考模型）
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
DNS	Domain Name System	域名系统
DDoS	Distributed Denial of Service	分布式拒绝服务（攻击）
QoS	Quality of Service	服务质量
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
GPU	Graphics Processing Unit	图形处理器
FPGA	Field-Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
XaaS	Everything as a Service	一切即服务
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议

IDM	Identity Management	身份管理
SEPP	Security Edge Protection Proxy	安全边缘保护代理
HPLMN	Home Public Land Mobile Network	归属公共陆地移动网络
VPLMN	Visited Public Land Mobile Network	拜访公共陆地移动网络
ID	Identity Identification	身份标识
GTP-U	GPRS Tunneling Protocol-User Plane	通用分组无线服务隧道协议-用户面
PQC	Post-Quantum Cryptography	后量子密码学
QKD	Quantum Key Distribution	量子密钥分发
MCP	Model Context Protocol	模型上下文协议
LLM	Large Language Model	大型语言模型
AG-UI	Agent User Interaction Protocol	智能体用户交互协议
A2A	Agent to Agent	智能体到智能体
ANP	Agent Network Protocol	智能体网络协议
ACN	AI-agent Communication Network	智能体通信网络
NEA	Network Exposure Agent	网络开放智能体
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	超文本传输协议
MaaS	Model as a Service	模型即服务
TEE	Trusted Execution Environment	可信执行环境
OTT	Over-The-Top	通过互联网向用户提供内容服务
WIFI	Wireless Fidelity	无线局域网

DID	Decentralized Identifier	去中心化标识符
AR/XR	Augmented Reality/Extended Reality	增强现实/扩展现实
MLLMS	Multimodal Large Language Models	多模态大语言模型

参考文献

[1] 中国联通 CUBE-Net3.0 网络创新体系白皮书[R]. 2021.

[2] 中国联通.中国联通云网融合向算网一体技术演进白皮书[R]. 2021.

[3] Model Context Protocol (MCP)：

https://www.anthropic.com/news/model-context-protocol

[4] Agent Network Protocol(ANP)：https://agent-network protocol.com/specs

/white-paper.html

[5] Agent2Agent(A2A)：https://google.github.io/A2A/#/

[6] Cisco, The Internet of Agents White Paper. Mar 2025.

[7] 刘军,禹可等，北京邮电大学，智能体互联网 - 定义、架构与应用. 2025.

[8] 刘军,禹可等，北京邮电大学，ACPs：面向智能体互联网的智能体协作协议体系. 2025.

[9] 中国移动研究院，智能体通信网络（ACN）白皮书. 2024.

[10] Agent Network Protocol(ANP)技术白皮书 V2：走向开放的智能体互联网.2025.