



智能体通信网络 (ACN) 白皮书

AI-agent Communication Network White Paper

(2024 年)



发布单位：中移智库

编制单位：中国移动通信研究院

前言

近年来，基于大模型的生成式 AI 技术发展迅速，AGI（通用人工智能）不再遥不可及。与此同时，基于大模型的 AI Agent（即智能体）代表了 AGI 的前沿发展趋势和应用方向，AI 智能体成为大模型落地商用的主流形式。AI Agent 不但使得人人拥有虚拟智能体（如数字人、智能助理等）成为可能，也会将大量物理具身智能体（如人形机器人、机器狗、智能车、智能无人机等）推向商用。智能体将会是未来网络连接的“新公民”，掀起智能体经济热潮，将人类社会生活带入到人与智能体协同、智能体与智能体协作的新阶段、新常态。

面对智能体经济趋势，移动网络的职责与使命将大大拓展。移动网络的能力边界将从提供更广的网络覆盖、更高的连接带宽和更低的传输时延，拓展到随时随地让各类智能体互联互通，实现跨厂商/跨生态的智能体间信息交互与任务协作，利用网络内生 AI、感知、计算等能力为智能体赋智赋能，从而为人们的生活和工作在智能化体验方面带来质的飞跃。

作为一类新型的通信对象，智能体的通信需求、流量模式与传统的人、物通信存在明显差异。除了传统移动网络提供的 IP 接入管道和语音通话服务以外，还需考虑智能体间相互通信所带来的多模态交互模式和全新网络需求，这将对面向人类通信需求设计的移动网络架构与协议体系带来全新挑战和机会。

为此，本白皮书提出了智能体通信网络（AI-agent Communication Network, ACN）价值主张与整体构想，从目标愿景、关键场景、网络能力等方面阐述了智能体通信网络的内涵，给出了潜在关键技术需求方向，希望能够为业界开展智能体通信网络方向的研究与合作提供参考和指引，以期促成业界共识。

编写人员：段晓东，孙滔，陆璐，黄正磊，王丹，孙慧晴，廉月

目录

1. 引言	1
1.1 AGI 时代变迁	1
1.2 移动网络新机遇	2
2. 愿景理念及内涵	1
2.1 目标愿景	1
2.2 内涵特征	2
2.2.1 新通信对象	2
2.2.2 新组网交互	3
2.2.3 新网络服务	4
2.2.4 新流量模式	4
3. 网络新能力	7
3.1 概述	7
3.2 可信泛在接入	7
3.3 按需灵活组网	8
3.4 智能交互会话	8
3.5 内生智慧赋能	9
3.6 任务编排协作	9
4. 典型应用场景	10
4.1 场景 1：单用户子网内智能体通信与协作	10
4.2 场景 2：子网内智能体与外部智能体的通信与协作	12
4.3 场景 3：多用户智能体动态组网通信与协作	14
5. 展望和倡议	17
缩略语列表	18
参考文献	19

1. 引言

1.1 AGI 时代变迁

近年来，基于大模型的生成式 AI 技术得到了飞速发展，使得 AGI（通用人工智能）有了实现的可能，不再遥不可及。技术上，大模型在持续演进中，从最初的以 ChatGPT 为代表的单模态的大语言模型（LLM），进化到以 DALL-E、SORA、GPT-4o 为代表的支持图像、视频多模态视觉-语言大模型（VLM），甚至进一步延伸到机器人控制领域，推出以 Google RT-2/RT-H 为代表的视觉-语言-动作（VLA）大模型。

为了拓展大模型的交互性、个性化、自主规划、决策执行、闭环控制等能力，基于大模型的 AI Agent（即智能体）继而成为新的技术热点。AI Agent 是一种能够感知环境、进行决策和执行动作的智能实体。它们拥有自主性和自适应性，可以依靠大模型赋予的能力完成特定任务，并在此过程中不断对自我进行完善和改进。此外，不同的 AI 智能体之间也可以进行交互，从而共同完成复杂工作。IDC 在《AIGC 应用层十大趋势》报告中指出 AI Agent 是大模型落地业务场景的主流形式。据报道 OpenAI 联合创始人 Andrej Karpathy 在 2023 年黑客马拉松演讲中提到，OpenAI 内部相比大模型对 AI Agents 领域更为关注，AI Agent 将是未来 AI 的前沿方向

AI Agent 将会对业界带来深远影响：

- 第一是涌现大量新型智能终端，具身智能（Embodied AI）更具颠覆性。一方面是传统终端的 AI 化，通过内嵌大模型和 AI Agent 产生 AI phone、AI 可穿戴设备，AI PC 实现终端升级。另一方面，也是最代表未来发展方向的，则是具身智能，即能理解、推理、并与物理世界互动的智能体，如智能服务机器人、自动驾驶汽车、机器狗等。而人形机器人是具身智能落地的核心场景之一。特斯拉创始人埃隆·马斯克在 2023 年世界人工智能大会（WAIC）上，预测了未来机器人的数量将超过人类。根据高工咨询（GGII）预测，2024 年全球人形机器人市场规模为 10.17 亿美元，到 2030 年全球人形机器人市场规模将达到 150 亿美元，2024-2030 年 CAGR 将超过 56%，全球人形机器人销量将从 1.19 万台增长至 60.57 万台。
- 第二是人人拥有虚拟智能助理。AI Agent 能够理解人的意图，实现任务规划，代替人

来调用和组合海量应用，有望颠覆以 App 为中心的应用开发模式和人机 GUI 接口形式，从而产生超级应用和超级流量入口。比尔盖茨预测未来 5 年人人拥有多个智能代理，代理帮助人完成所有工作，降低医疗、教育、工作、娱乐服务成本。腾讯的 AppAgent、阿里的 Mobile Agent、微软的 UFO 等都在此方向已开始布局。

可以预料，智能体必将成为未来网络需要连接和服务的“新公民”，形成智能体经济新热潮，而人们的生活也将步入人与智能体协同以及智能体与智能体协作的新常态。

1.2 移动网络新机遇

面向 2030，业界主流标准和研究组织均将以机器人或协作机器人为代表的智能体通信作为下一代移动网络的重要场景。NGMN（运营商预标准组织）在其《6G 用例和分析》白皮书中描述了机器人自组网、人机交互式 Cobot 用例。北美下一代联盟（NGA）在其《Network-Enabled Robotic and Autonomous Systems》报告中提出无人配送车、智能驾驶、工厂协作、生活助理四类场。欧盟 6G-IA 在 Hexa-X-II 旗舰项目的 6G 用例白皮书中提出个人助理、消费机器人和工业协作机器人三类场景；3GPP 在 R19 就成立了 Sobot 服务化机器人项目，提出协同安防、3D 环境感知、智慧社区、矿山生产等 7 个场景用例；在 R20 将继续推动 Sobot Ph2 研究立项，旨在覆盖更多生活娱乐、应急救援、安全生产等更多场景。

从 1G 到 5G，移动网络已经完成了移动电话网、分组网、IMS 网、物联网几个历史使命。其中前三个使命面向人的通信，后一个则面向物的通信。比较可知，每个大的使命背后所承载的需求之间均存在着显著的差异性，比如：电话网解决了人们移动中打电话的需求，分组网解决了移动终端上网的需求，IMS 网提供了基于 IP 的多媒体音视频通话服务，物联网满足了大规模低功耗 IoT 联网的需求。这些不同的需求分别带来不同的网络架构和协议体系的设计。不久的将来，我们将面临 AGI 时代，智能体将会继人、物之后成为最新形态的网络通信对象，移动网络发展将进入新的拐点。因此，移动网络也将面临全新使命，需要针对智能体构建新的网络体系，以满足大量智能体随时随地互联和协作的需求。

智能体通信与人和物的显著差异性主要体现为：

- **多样化互联互通需求：**与手机终端和 IoT 设备相比，智能体最大的独特之处是会主动发起相互通信与协作，共同完成人类赋予的复杂任务。因此，智能体在接入、组网和会话方式上均存在特殊诉求。比如智能体接入网络时需要确认数字身份，以便在相互协作

时互相认证和授权；多个智能体间的协作需要基于用户任务场景按需灵活形成不同的组网关系；智能体之间会话不再受限于人的感官与智能能力，不需要原始的文字、图片、音视频信息，而是可以直接传递语义内涵；同时智能体发起交互的次数和频率、乃至并发建立的会话数量，也可能远远高于人类。

- **网络赋智赋能需求：**智能体提升自身能力以便为人类更好服务的目标，与其相对受限的算力/功耗约束（特别是具身智能体）之间，存在显著矛盾，由此也必然引发对智能体赋智赋能的强烈诉求。例如，智能体通信伴随着密集的算力/电力消耗，不同类型和任务的智能体对算力/数据/AI 需求差异较大，对于像智能手机、XR 眼镜、无人机等轻量化终端的算力成本难以胜任 10B 参数以上的复杂计算任务，而全部由云端算力承载，也面临多用户迸发降低实时响应度的问题。因此需要考虑端-网-云协同构建混合 AI 机制，在网络边缘甚至网络内提供分布式 AI 算力，实现端侧算力可借助网络算力实现分级推理，按需扩展端侧 AI 算力。另外，网络也可以向智能体提供环境感知服务，在提升智能体的感知能力同时节省智能体的算力和电力需求，从而达到赋智赋能目标。

- **智能体可信监管需求：**相比物联网，智能体的 AI 自主性、与人的位置解耦性和对物理世界的直接影响力，势必要求在安全可信、科技伦理等方面引入更严格的管控措施。即便智能化水平接近乃至超过人类，智能体仍不是具备独立承担法律义务和责任的主体，需要人为其赋予数字身份并监管其行为。因此网络需要构建针对智能体通信的专有安全可信机制，对其通信行为进行必要的授权和管控。

回顾历史，互联网的发展促进了 3G、4G、5G 移动网络的发展，而移动网络也成就了移动互联网。可以预见，AGI 和智能体的发展也将会促进移动网络的革新，而演进后的移动网络也必将使能智能体经济的发展与繁荣。

2. 愿景理念及内涵

2.1 目标愿景

面向 2030，未来社会生活中预计将遍布各种类型、不同能力的海量智能体。鉴于智能体通信在交互方式、赋能需求、可信管控等方面与面向人和物的通信存在明显的差异性，未来移动网络需要定义面向各类智能体通信的新型网络服务：**智能体通信网络（AI-agent Communication Network, ACN）**，旨在为各种不同形态（物理或虚拟）、不同能力（高端、中端、低端）、不同用户的智能体提供全球互联、按需赋能、安全可控的信息交互和任务协作网络。具体包括：

- ACN 使能智能体的互联互通，能够让各类智能体随时随地以安全可信的方式接入网络和自主组网，并能像打电话一样便捷的建立智能体间的会话交互
- ACN 利用网络内生的感知、智能、计算、数据、孪生等能力，为智能体赋智赋能，通过端网协同让单个智能体能力更强，并通过智能体间的高效任务编排和协作，增强群体智能。
- 通过对各种智能体的互联、协同与赋能，ACN 能够让智能体更好地分担用户的生活与工作任务，获得全新的生活与工作体验。

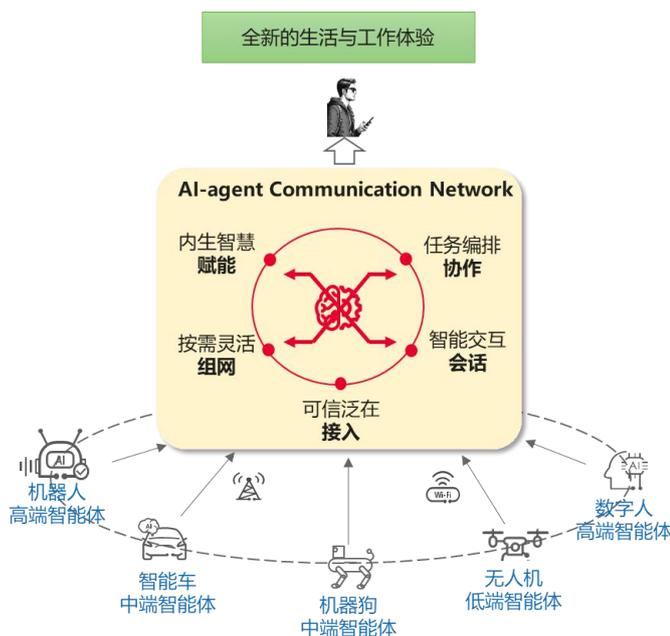


图 1 智能体通信网络（ACN）目标愿景

ACN 将会成为继短信及话音网、个人移动互联网、物联网、5G 专网之后运营商为全社会提供的又一种全新的基础网络服务。ACN 通过互联互通各类虚拟和物理的智能体通信对象，将为运营商带来新的连接类型和超过智能手机时代的流量需求。另外，ACN 为智能体提供赋智赋能服务，也将成为未来移动网络内生计算、AI 能力和感知能力变现的重要途径。

2.2 内涵特征

2.2.1 新通信对象

智能体依赖大模型技术，对算力和能耗需求高，使得智能体具体实现形态存在多样性，可能存在以下 4 种情况：

- 作为物理终端设备的智能体，通过无线或有线的接入网络，比如机器人、智能车，本身具备较强的计算能力，实现单体智能；
- 部署在运营商网络中智能体，作为网络的一种智能服务，随时在线，比如个人通话助理等；
- 部署在云端的智能体，通过互联网与通信网络连接，比如各类 OTT 垂域数字人、数字 AI 助手等；
- 混合形态的智能体，终端侧具备有限的智能或无智能（仅输入/输出能力），由网络或云端为其赋能，通过端网、端云协同增强智能体 AI 算力和推理能力，比如 AI 手机、AI 穿戴设备、无人机、机器狗等。

智能体作为一类新型的通信对象，与传统通信对象（比如 UE、服务器等）相比存在如下新特征：

1) 拥有**自主行为能力**。基于大模型的 AGI 技术使得智能体具备越来越强的独立思考和执行能力，可以在没有人的参与下，基于对环境的感知做出自主决策，也会主动发起接入网并建立与其他智能体、非智能设备以及用户间的通信连接。传统 UE 的通信行为是由人的使用或者基于设定的条件来触发的。

2) 拥有**数字身份**。智能体虽然具备较高的智能性和自主行为，但仍归属于具体的个人或组织，每个智能体在网络中拥有专属的数字身份并与归属的用户身份进行绑定，通过认

证和授权，确保其自主通信行为在网络中可被监管、控制和追溯。

3) **可对外提供能力共享**。各种类别的智能体具备不同的感知能力、决策能力和执行能力，这些能力除了用于实现自主行为，也可以共享给其他智能体，通过能力开放和编排有助于形成多智能体间的任务协作，达成群智效应。传统 UE 仅作为通信设备，并不提供对外能力开放和共享机制。

2.2.2 新组网交互

智能体通信网络虽然是针对智能体通信的专用网络，但仍然是以用户为中心的，每个智能体是归属于具体个人用户或者企业用户的。不同用户可以拥有多个智能体，因此需要为智能体设定管理域，保障智能体通信的安全性和可管可控性。在智能体通信网络中将会形成众多的以用户为中心的智能体子网，以子网为管理单位，在广域覆盖中，通过大网与子网的分级管控，实现多种形态的组网和会话模式。主要存在三种模式：

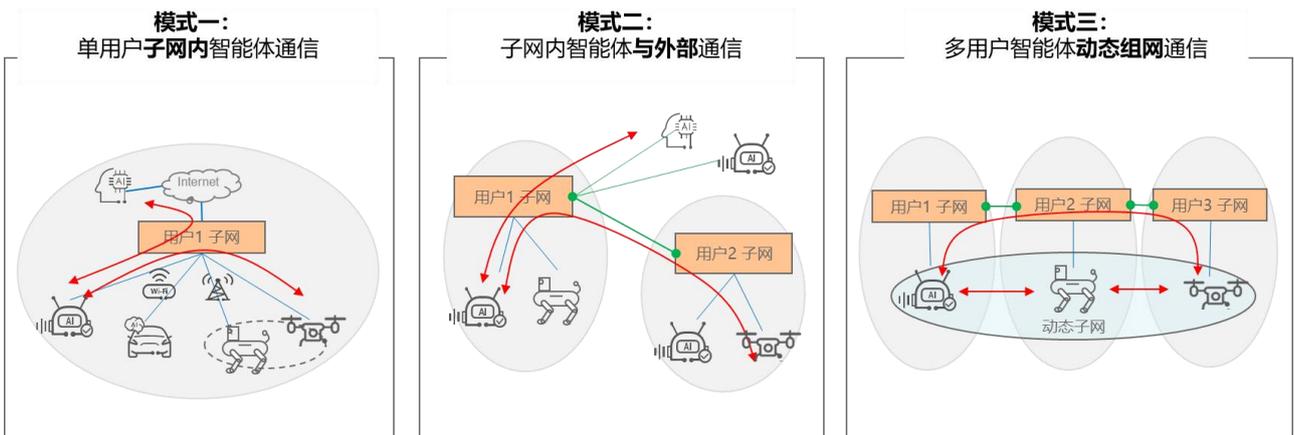


图 2 智能体通信网络典型通信模式

- **用户级子网内的智能体通信**：是指以个人、家庭、企业等为管理域组成的子网内的智能体间的通信，可实现智能体的相互发现、会话连接、数据及网络资源共享。智能体子网支持 D2D、固网 wifi 和蜂窝网多接入方式，并通过宏网支持移动场景下多接入方式间的无缝切换；
- **子网内智能体与外部智能体通信**：用户子网内的智能体可以与其他用户子网的智能体、运营商提供的公共智能体或者第三方智能体进行通信，实现智能体在广域范围跨子网的信息交互以及与外部互联网的业务交互；

- **多用户智能体动态组网与通信：**不同用户的智能体基于任务临时组建动态子网，实现动态子网内的成员发现、数字身份认证、信息交互、数据及网络资源共享，任务结束后释放动态子网关资源和智能体间的连接会话。

2.2.3 新网络服务

云计算、AI 技术的成熟和普及已经在不断影响和未来移动网络，使得移动网络不仅能够提供基础管道服务，还能提供内生的计算、感知、AI、数据、孪生等能力，这些内生能力将会助力智能体，使得单体智能体的智慧和感知能力更强，使得多个智能体间的协作更高效，主要体现如下方面：

- **网络对单一智能体实现赋智赋能：**对于手机、无人机等轻量级通信对象，因其算力和功耗受限，智能化相对较弱，ACN 通过网络连接为其提供可扩展的 AI 推理能力，使得弱智能体也能够具备较高的智能化水平，实现高端的 AI 应用。ACN 可以将网络内生的感知能力共享给智能体，使其获得超视距的环境感知、位置定位能力，扩展其活动范围。
- **网络为多个智能体提供协作支撑：**ACN 利用内生 AI 能力，可以学习连入网络中的各种智能体的能力，并能够实现识别用户的意图，实现任务规划、编排、调度，驱动相关智能体高效完成目标任务。

2.2.4 新流量模式

智能体在行为特征和信息处理上与人存在着显著差异，可能导致网络传统流量模式发生相应变化，预计主要体现在如下方面：

- **交互流量所承载的信息形态变化。**面向人的通信系统，传递的主要是人能够感知和理解的文字、图像、音视频等多种媒体信息；而智能体间的通信，则不必然依赖于听觉和视觉传感器件，不一定需要传递人类媒体信息，而是很可能直接传送 AI 模型、原始数据、token、特征向量、隐空间数据等多种形态的机器媒体信息；
- **网络交互的频度和并发数量提升。**人类的通信行为，不管是收发消息、接打电话，还是浏览网站、观看视频，都由人的听觉、视觉感受能力和大脑处理速度来决定单位时间内信息流量和带宽的消耗上限。对于智能体而言，特别是具备高端感知和智能能力的高级智能体，其对信息的处理能力有可能超过人类，单位时间内可以实现更多的交互次数，

接收和发出更多信息，且可能 24 小时不间断的对外交互。与此同时，与更擅长“多线程”处理事务的人相比，智能体可能轻松实现和多个通信对象的并行通信与交互。整体而言，智能体消耗流量和带宽的上限，更多取决于智能体的算力与智能。

- **网内交换和东西向流量增多。**面向人的通信系统，数据流量多为南北向，即人通过手机访问外部网络或者互联网中的应用而产生的上下行流量，移动网络仅作为传输管道，不参与信息交换。但在智能体通信网络中，不同智能体之间可能频繁直接在网内以智能体互访的方式完成信息交互，无需依赖外部网络或者互联网应用，导致大量流量发生在网络内部。并且，如果多个智能体分布在不同区域，还将导致网络内东西向流量的增加。

- **新增隐性流量。**面向人的通信系统，移动网络承载的是用户终端应用访问外部数据网络或者互联网而直接消耗的带宽和流量，网络作为管道，其出入口的流量由被访问的应用决定；而智能体通信网络提供的不仅是管道服务，还包括与业务相关的算力，作为网络内生的智能交换服务，因此会产生与单纯传输 OTT 流量不同的隐性流量，可能包括但不限于：

- 1)**端网混合分布式 AI 协同带来的隐性流量。**受限于端侧算力和能耗，智能体在为用户提供服务或进行通信时，往往需要端侧 AI 与网络侧 AI 进行分布式协同（如分级协同推理、联邦学习），从而因传递特征向量、训练数据、模型、token 等信息而产生隐性流量。该流量并不是智能体间通信的内容，而是智能体为提升自身 AI 能力而附带产生的流量。

- 2)**智能体之间进行语义通信带来的隐性流量。**在典型的语义通信场景中，智能体间为了提高通信效率，收发双方将基于语义模型/知识库对原始数据分别进行语义压缩和提取还原，因此需要在通信前通过网络同步语义模型/知识库，为此将产生语义模型/知识库同步所需的隐性流量，这部分流量并不是最终智能体间通信所直接传输的语义特征向量流量。

- 3)**模态转换带来的隐性流量。**对于异构智能体间的通信，由于双方形态和能力不同，需要智能体通信网络对信息模态进行转换，比如将一方传递的图像/音频/文本信息转换为另一方能够处理的机器指令，或者反之，由此将对通信中收发双方的流量产生不同的变化影响。

4) **网络驱动多智能体实现任务协作带来的隐性流量。**智能体通信网络能够接收来自用户或智能体的任务，并将其转换为任务规划，实现对多个智能体的编排和调度，并可能涉及多轮次的大模型规划交互、任务上下文信息获取与补齐，由此产生的流量属于任务调度流量，并非智能体间实际通信消耗流量。

5) **智能体模型升级更新带来的隐性流量。**智能体使用的 AI 模型定期基于最新的数据进行训练，期间可能会对智能体的模型进行一些优化，例如剪枝、量化或蒸馏，以减小模型大小，提高效率；优化后的模型打包成在智能体上可部署的格式，供智能体远程通过网络更新最新版本模型。这部分流量是基于智能体网络构建的更新服务产生的，而并非智能体实际通信行为产生。

3. 网络新能力

3.1 概述

为构建 ACN 使能智能体的互联和协同，从下到上将在接入、组网、会话、赋能、协作五个层面提出新的网络能力，1-3 层网络能力主要面向智能体自主可控的互联互通，4-5 层网络能力主要面向智能体的高效协作和网络赋能。



图 3 智能体通信网络五层能力体系

3.2 可信泛在接入

智能体通信网络支持多种智能体接入方式，包括 3GPP 蜂窝网络、固网 WiFi 和 Internet，使得物理智能体不管是在室内 WiFi，还是移动到室外蜂窝，甚至在不同国家漫游，均可随时接入和无缝切换到智能体通信网络中。对于虚拟智能体，则可以通过 VPN 或 Internet 接入注册到智能体网络中，实现与物理智能体之间的互联和协作。

智能体不管通过何种方式接入，均会获得数字身份和通信标识。该数字身份和通信标识由智能体所属的个人用户或企业用户的数字身份和通信标识派生并关联绑定，通信标识用于智能体间的通信会话，数字身份用于智能体相互间通信时的行为授权和安全认证。

该项能力体现的价值：运营商为智能体提供全球标准化的统一身份和标识体系，使得不同厂商的智能体通信对象可随时随地以安全可信的方式接入网络，从而进一步实现组网、交互、协作等互操作。

3.3 按需灵活组网

智能体通信网络首先支持用户级子网，出于安全隔离管控的原则，个人用户或者企业用户可以创建专属的智能体子网，名下的智能体以安全可信方式接入，子网内的智能体可以相互自由交互和协作，共享数据和资源。通过用户的授权，可以进一步实现子网内智能体与外部智能体的交互以及数字身份认证，从而实现智能体组网的用户级隔离。

智能体通信网络还可以实现任务级动态子网，基于任务目标临时将不同用户的智能体组建动态子网，使得不同用户的智能体间也可以实现信息交互和协作以达成任务目标，并且在任务结束后释放动态子网资源，从而实现智能体组网的任务级隔离。

当子网中的智能体出现异常时（包括通信行为异常和交互行为异常等），网络可以根据自动监控或用户指示快速将其进行隔离管控（如强制下线等），严重时可以将整个子网进行安全隔离，从而将潜在风险控制的最小范围内。

该项能力体现的价值：通过运营商网络接入的智能体可以在不依赖互联网应用情况下，就近实现各类智能体的组网，信息交互更加高效和安全，并且支持跨域、跨生态的智能体交互和协作。

3.4 智能交互会话

智能体通信网络需要为智能体间的信息交互提供专有的会话机制，支持一下智能体交互形态：

- 智能体间的发现和传递。智能体可以通过智能体通信标识发现对端智能体是在子网内还是在子网外，并通过数字身份验证建立智能体间的信息转发路由，实现智能体间的多模态信息传递。
- 智能体通信模态转换。不同的智能体对接收信息类型或者信息处理能力存在差异性，智能体交互网络基于对两端智能体的能力理解，为双方通信提供通信信息模态的转换以匹配智能体的处理能力。

该项能力体现的价值：运营商为智能体通信提供了全球统一的交互机制，使得异构、跨厂商的智能体之间可以相互发现、高效安全的传递信息，实现模态匹配，甚至能够与人的通话网络互通，满足了智能体多模态多范式交互需求。

3.5 内生智慧赋能

智能体通信网络不但为智能体提供灵活组网和交互会话，还可以将网络内生的各种资源和能力提供给智能体以增强其智能性和功能性，主要体现在：

- 增强弱智能体的 AI 推理能力。智能体通信网络利用网络内生 AI 为算力受限的智能体终端，如 AI 穿戴设备、无人机等提供端网协同的混合 AI 推理机制，使得弱智能体在优质网络连接情况下，也能够拓展本地 AI 推理能力，实现高端的 AI 应用。
- 扩展智能体的感知能力。智能体通信网络可以将网络内生的感知能力共享给智能体，使其能够在不增加算力和功能成本的基础上，获得环境感知、位置定位的能力，扩展其应用场景。

该项能力体现的价值：智能体通信网络通过将网络内生的 AI 计算资源和感知能力赋予智能体终端，以更加经济和可靠的方式提升智能体终端的 AI 和感知能力。这些网络能力紧密伴随着智能体通信的过程，支持动态创建、就近分配、随时迁移，实现与通信任务的高效匹配，为运营商网络内生资源和能力提供了有效的变现途径。

3.6 任务编排协作

智能体通信网络本身也具备一定的智能性。基于对所接入的智能体的属性和能力集管理，以及网络自身的各种能力集（包含通、感、算、智等方面），智能体通信网络能够利用网络内生的 AI 能力识别用户或者智能体通信意图，实现通信任务的整体规划与编排，通过调用相关智能体的能力和网络功能，建立智能体间的信息交互最佳路由，并协调智能体之间的相互协作，以完成相应任务，从而达成用户或智能体的通信意图。

该项能力体现的价值：面对灵活、复杂、难以预规划的通信任务，在缺失高级智能体的协调能力时或单一智能体不具备全局规划能力时，提供协同各类高中低级智能体完成复杂任务的服务，或接管分担一部分协同规划任务，以减轻高级智能体的工作负载与能耗。

4. 典型应用场景

本章节以家庭野外露营为代表性用例，按照单用户子网内智能体通信、子网内智能体与外部智能体通信、多个用户的智能体动态组网三类子场景展开描述，展示智能体通信网络的在通信对象、组网交互、网络能力方面的基本特征以及为人们的生活带来的管家级的服务体验，同时给出网络需求分析。本章节仅描述了 ACN 的典型应用场景，相关用例可以进一步拓展到其他场景用例中。

4.1 场景 1：单用户子网内智能体通信与协作

该场景描述的是以家庭为单位组建的智能体通信子网内各种智能体的通信和协作。在该网络内，管家机器人根据用户家庭露营的意图，制定出游计划，并协同调度其他智能体完成景区选择、智能驾驶出行、寻找露营和停车点等任务。

前置条件：

- 1)本场景涉及的智能体：管家机器人、机器狗、本地生活数字助理、无人机+飞控代理、智能车。
- 2)用户已经与运营商签约智能体通信网络服务，并为其创建智能体通信子网。
- 3)用户的智能体，包括本地生活数字助理、机器狗、无人机飞控代理、智能车，均已接入智能体通信子网，并分配了与用户身份关联的数字身份和通信标识。智能车通过蜂窝网接入，其他智能体通过家庭 wifi 接入。
- 4)用户刚购买了管家机器人，还未开机联网。

场景描述：

- 1)用户将新购买的管家机器人开箱，开机后，机器人通过 wifi 接入用户智能体通信家庭子网，并获得与用户身份关联的数字身份，随后主动发现子网中各类智能体及其类别和能力，同时子网通知其他智能体有新成员加入。
- 2)用户当面向管家机器人提出安排周末家人去野外露营。管家机器人制定露营计划，通

过智能体通信子网与本地生活数字助理联系，完成露营地选择和订购门票。

3)周末管家机器人指挥智能车从车库行使到楼下，全家人携随行的设备（包括管家机器人、机器狗、无人机（暂未开机））上车前往目的地。所有联网智能体均从 WiFi 切换到蜂窝网络，保持与智能体通信子网连接不中断。

4)接近露营地，管家机器人打开无人机，通过蜂窝网连接到智能体子网，子网为无人机启动飞控代理，为无人机提供扩展的智能推理和决策能力。家庭子网通知其他智能体无人机成员已做好服务准备。

5)管家机器人向无人机飞控代理发送露营地区域图，指示其遥控无人机到区域上空巡视并回传图像，飞控代理将区域图转译为无人机的飞控指令并下达给无人机，无人机完成露营地指定区域上空巡视并实时返回图传信息。机器人基于图传信息选择最佳露营地和停车位置，并将停车位置信息发给智能车，指示其行使到目的地。

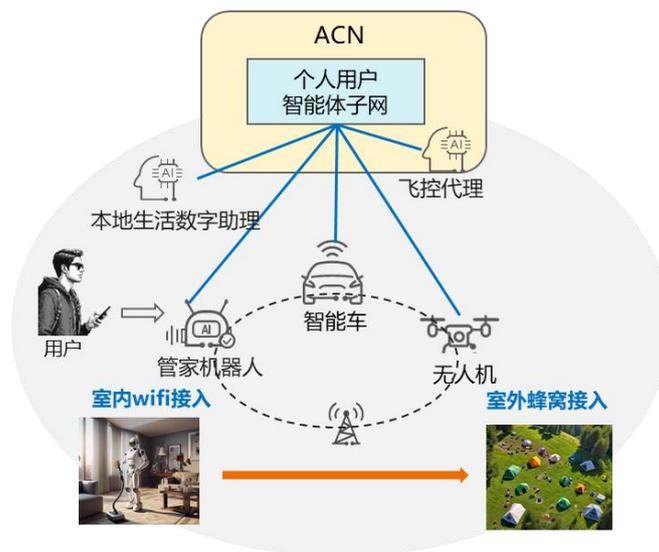


图 4 子网内智能体通信与协作

网络需求：

- 支持用户基于签约创建用户级智能体子网，
- 支持智能体开箱即用，即智能体设备开机后，自动通过蜂窝、wifi、internet 多接入方式入网，并与其他在网智能体之间相互自主发现和通信
- 支持为智能体派生数字身份，以及域内安全共享数据和网络资源

- 支持子网内智能体在不同接入方式间的无缝切换，以及通过宏网络保持子网连接关系
- 子网内支持智能体间通信会话，包括多模态信息转发和模态转换
- 支持网络 AI 赋能，为低智能设备（如无人机）提供 AI 增强（如飞控代理）

场景拓展：

该用例可拓展到其他类似的场景，包括但不限于：

- 家庭康养和护理：每个家庭拥有物理的护理机器人和虚拟的家庭健康数字助理，通过 ACN 相互协作完成对家庭成员尤其是老人的健康保健和医疗护理；
- 智能家居：管家机器人不管是在家里还是在户外，均可以通过 ACN 管理家中的机器狗、扫地机器人以及各类智能家居设备实现日程家庭家务处理
- 生产协作和仓储物流：对于生产类企业或工厂，可以将生产线的智能机器人/机器手、智能 UAV、智能驾驶货车等设备接入 ACN，实现不同厂房或厂区的智能体相互间的生产任务协作，以及完成不同厂区间自动货品出库、运输和入库。

4.2 场景 2：子网内智能体与外部智能体的通信与协作

该场景描述的是以家庭子网内的智能体与其他企业用户的智能体进行的通信和协作。用户全家在中午露营时，想要在网上订个匹萨外卖，管家机器人代替主人完成下单，并委派机器狗与外卖平台的送货无人机交互协商送货时间和收货地点，最后通过数字身份验证完成收取外卖。

前置条件：

- 1)本用例中的智能体包括：管家机器人、机器狗、无人机+飞控代理。
- 2)用户的管家机器人和机器狗通过蜂窝网络接入家庭智能体子网，外卖平台的无人机通过蜂窝网络连接到外卖企业智能体子网为其分配的飞控代理。
- 3)基于安全原因，露营场地不允许外卖无人机飞入，用户必须到露营场地以外收取无人机派送的外卖。

场景描述：

- 1)露营中家庭成员想吃匹萨，用户委托机器人管家在外卖平台完成匹萨选择和外卖下单，订单中填写机器狗通信标识
- 2)商家接单后，管家机器人通知机器狗取餐，并将订单信息发给机器狗
- 3)外卖平台完成匹萨制作，选择无人机进行送餐，向选定的无人机飞控代理提供订单信息和用户机器狗通信标识
- 4)送餐无人机与用户机器狗取得联系，双方交互协商取餐交接地点和时间。确定地点后，无人机飞控代理和机器狗均可调用智能体通信网络提供的感知服务和路径规划服务，为其计算到达交接地点的最佳路线，并且根据实际路况动态更新交接地点和路线，使得机器狗和无人机快速精准的到达会面地点，避免一方长时等待，节约能耗。
- 5)见面时机器狗与无人机通过扫码或 D2D 通信等方式获得对方数字身份信息，并经过智能体网络进行认证授权，最终机器狗代表用户完成匹萨外卖签收。

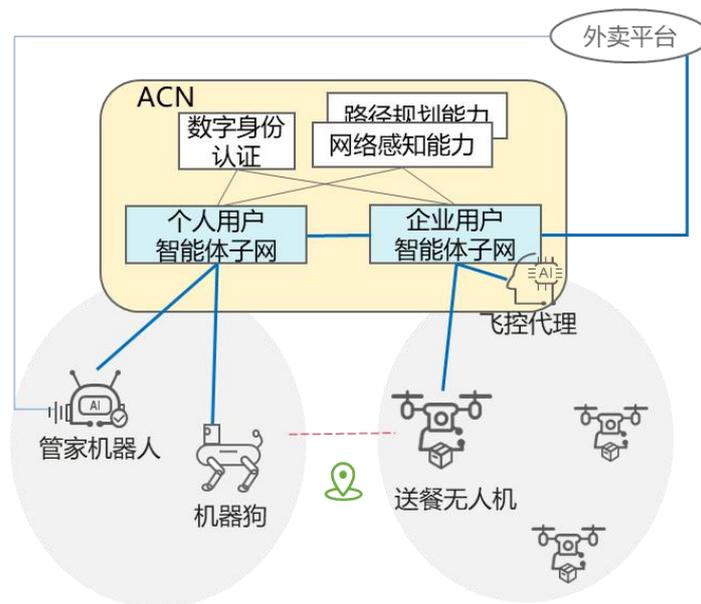


图 5 子网内智能体与外部智能体的通信与协作

网络需求：

- 支持跨子网智能体通信会话
- 支持不同子网的智能体相互间的数字身份认证
- 支持网络感知赋能，为智能体提供网络感知服务和路径规划服务

场景拓展：

该用例可拓展到其他类似的场景，包括但不限于：

- 亲友间智能体技能共享：亲戚间、朋友间的智能体可以通过 ACN 基于数字身份认证建立好友关系，从而可以把自己的智能体（比如管家机器人）学习到的新技能（比如某道菜品的烹饪技能）分享给对方的智能体（比如管家机器人）
- 父母家与子女家智能体同城跑腿：父母与子女住在附近，父母烘焙了子女爱吃的蛋糕，安排家中的机器狗将蛋糕送到子女家，子女家的管家机器人出门接收蛋糕。父母家的机器狗和子女家的机器人通过 ACN 建立通信，协商时间和地点，机器狗利用 ACN 提供的感知能力实现路径规划和辅助导航。

4.3 场景 3：多用户智能体动态组网通信与协作

该场景描述的是为了完成某项任务多个家庭子网共享各自的智能体临时组网实现智能体群组通信和协作。到了夜晚，多个露营的家庭自愿将自家的智能体（比如管家机器人、机器狗、无人机）共享出来组成夜间安全联防小组，这些智能体通过 ACN 临时组建任务级群组通信，使得管家机器人能够调度其他共享智能体，实现营地周边环境巡视、山火异常危险检测、野生动物驱赶等。

前置条件：

- 1)本用例中的智能体包括：管家机器人、机器狗、无人机+飞控代理。
- 2)在露营地，每家用户的智能体均接入各自的智能体通信子网。

场景描述：

- 1)用户 1、用户 2、用户 3 在露营地结实为好友，希望共享各自的智能体机器人、机器狗、无人机，临时组成夜间安防巡逻队。
- 2)用户 1 创建安防任务子网，添加自己共享的管家机器人，然后邀请用户 2 和用户 3 加入各自的机器狗和无人机。共享的智能体间基于数字身份形成互信关系，共享的智能体之间可以相互发现，相互通信，相互共享能力。

3)用户 1 指派管家机器人作为夜间安防任务的总管，制定安防任务规划，为每个智能体分配角色和子任务。在用户 1 管家机器人的总协调下，用户 3 的无人机在营地上空定时盘旋勘察周边环境变化，机器人和机器狗在营地外围按既定路线巡逻。

4)管家机器人基于自身节能的考虑，将部分消耗算力和电力的监控处理任务卸载到任务子网中进行编排执行。任务子网中的监控处理任务接收无人机的图传信息，调用基站的感知能力，实现对山火、野生动物等危险事件的识别。

5)如果有异常事件发生，监控任务提取无人机图传信息以及基站感知数据中的语义信息发送给管家机器人进行决策，最终由机器人处理引发火灾的潜在危险，或者指挥机器狗驱离闯入营地的野生动物。

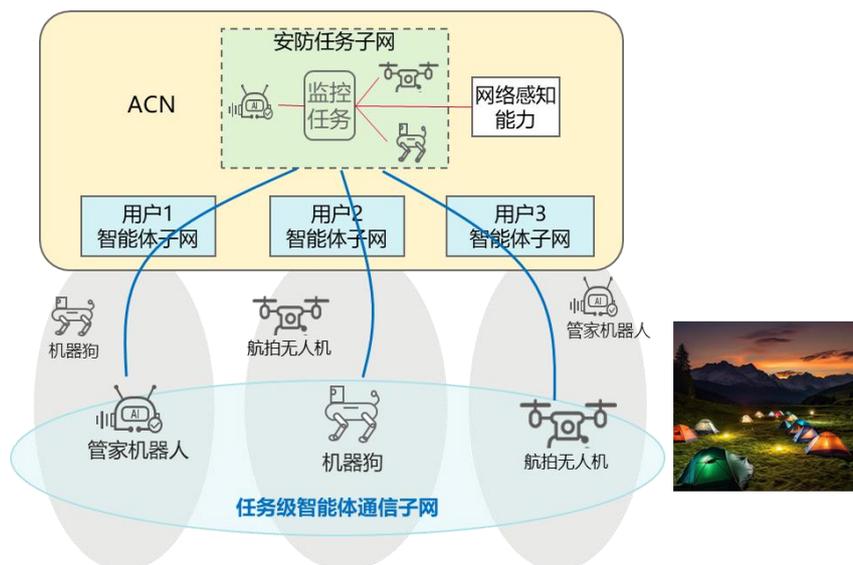


图 6 多用户智能体动态组网通信与协作

网络需求：

- 基于数字身份验证为多用户共享的智能体动态创建任务级群组通信子网。
- 支持群组通信子网内多用户智能体间的成员发现、信息转发，能力共享。
- 任务子网中可编排和执行智能体卸载的信息处理任务，节省智能体算力和电力消耗。

场景拓展：

该用例可拓展到其他类似的场景，包括但不限于：

- 社区/邻里机器人安防协同：同一住宅区的邻里共享各家的管家机器人、机器狗、无人机等智能体组建社区安全联防队，通过 ACN 建立成员间的互信关系，实现相互信息交互以及联防任务编排和调度。
- 城市应急救援任务：当城市内发生地震、火灾等重大灾害时，政府救援力量出现不足时，市民可以贡献自己的机器人、机器狗、无人机等智能体，临时加入政府紧急救援 ACN 子网，接受救援部门的调遣，增加救援力量。
- 用户智能体与商业/公共机构智能体动态互动：用户可以租用其他商业机构的智能体（比如智能车、机器狗等）通过 ACN 与自己的智能体（比如管家机器人）临时组建任务组，为用户的家居、旅游、商旅提供高端生活服务。

5. 展望和倡议

展望未来，智能体通信网络有望成为运营商在 AGI 时代为全社会提供的一种全新的基础网络服务，使得智能体之间通信像打电话一样便捷，像与 GPT 对话一样智能，通过互联和协同各种形态的智能体，随时随地为用户的生活和工作提供和管家级的智能化服务体验。运营商将在推动和繁荣智能体经济上承担重要的职责。

智能体通信网络这一概念在业界尚属新生事物，亟需运营商联合产学研各方力量携手共进，为此提出如下倡议：

- **凝聚产业价值场景共识。**围绕 AGI 时代背景、智能体经济发展趋势，联合设备商、终端厂商、应用开发者等产业伙伴，共同打造典型可商业落地的业务场景，形成运营商提供 ACN 基础服务的价值共识，构建与智能体通信相匹配的商业模式以及提供与 OTT 差异化的服务体验。
- **夯实关键技术和 KPI 评测体系。**联合产学研多方资源，围绕 ACN 的架构、协议体系、关键技术展开深入研究，建立完备的 ACN 技术体系。由于智能体通信网络在接入、组网、会话、赋能、协作五个能力维度上提出了新的需求，必然需要定义新的 KPI 指标和构建相应的度量标准和评测方法体系，以有效评估 ACN 的智能化水平和用户体验。
- **培育产业生态，共建全球统一标准。**ACN 是一个端到端的系统，需要终端、网络、云、AI 大模型、应用软件开发等各方产学研生态伙伴的大力参与，通过技术研讨、项目合作、创新试点等多种合作形式，将 ACN 打造成使能未来智能体经济的重要一环。同时有序展开标准化推动进程，确保 ACN 最终形成全球统一的标准体系，繁荣全社会产业生态。
- **分阶段有序推动商业落地。**考虑到 AGI 技术的成熟度，可分阶段有序推进落地方案。第一阶段解决接入、组网、赋智赋能相关技术，以应对新兴应用场景的涌现和生态培育；对于新型智能会话、任务编排和驱动等对网络架构有较大影响的特性，可以作为第二阶段的前沿技术课题牵引下一代网络架构重构。

缩略语列表

缩略语	英文全称	中文全称
ACN	AI-agent Communication Network	智能体通信网络
LLM	Large Language Modal	大语言模型
VLM	Vision-Language Model	视觉-语言大模型
VLA	Vision-Language-Action	视觉-语言-动作模型
AGI	Artificial General Intelligence	通用人工智能
GPT	Generative Pre-trained Transformer	生成式预训练转换器
GUI	Graphic User Interface	图形用户界面
XR	Extended Reality	扩展现实
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体子系统
VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网
UE	User Equipment	用户设备
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	无人飞行载具
D2D	Device-to-Device	终端直通

参考文献

- [1] Lilian Weng. LLM Powered Autonomous Agents. 2023.
<https://lilianweng.github.io/posts/2023-06-23-agent/>
- [2] Xiaodong Duan et al. 6G Architecture Design: from Overall, Logical and Networking Perspective. IEEE Communications Magazine, vol. 61, no. 7, pp. 158-164, July 2023, doi: 10.1109/MCOM.001.2200326
- [3] Xiaodong Duan et al. Cognitive intelligence based 6G distributed network architecture. China Communications, vol. 19, no. 6, pp. 137-153, June 2022, doi: 10.23919/JCC.2022.06.011.
- [4] 中国移动. 6G 网络架构技术白皮书. 2022.
- [5] IMT-2030(6G)推进组. 6G 网络架构展望白皮书. 2023.
- [6] BELKHALE, Suneel, et al. Rt-h: Action hierarchies using language. arXiv preprint arXiv:2403.01823, 2024.
- [7] Agent Protocol. <https://agentprotocol.ai/>
- [8] IDC. AIGC 应用层十大趋势. 2024.
- [9] 高工咨询 GGII. 2024 中国人形机器人产业发展蓝皮书. 2024.
- [10] Bill Gates. AI is about to completely change how you use computers. 2023.
<https://www.gatesnotes.com/AI-agents>
- [11] YANG, Zhao, et al. AppAgent: Multimodal agents as smartphone users. arXiv preprint arXiv:2312.13771, 2023.
- [12] DURANTE, Zane, et al. Agent AI: Surveying the horizons of multimodal interaction. arXiv preprint arXiv:2401.03568, 2024.
- [13] NGMN Alliance. 6G use cases and analysis. 2022.
<https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/220222-NGMN-6G-Use-Cases-and-Analysis-1.pdf>
- [14] NGA. Network-enabled robotic autonomous systems. 2023.
https://nextgalliance.org/white_papers/network-enabled-robotic-autonomous-systems/
- [15] Hexa-X-II. 6G Use Cases and Requirements. 2023.
<https://hexa-x-ii.eu/hexa-x-ii-project-releases-deliverable-d1-2-on-6g-use-cases/>