
企业 IPv6 升级解决方案

中国联通研究院

网络改造技术篇/前沿技术/其他

1 概述

2018 年 3 月 12 日，国资委印发了《关于做好互联网协议第六版（IPv6）部署应用有关工作的通知》，要求央企在 18 年完成门户网站和面向用户的在线服务窗口的 IPv6 改造。2018 年 5 月 3 日，工信部发布《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，鼓励典型行业、重点工业企业开展工业互联网 IPv6 网络化改造，创新工业互联网应用实践，构建工业互联网 IPv6 标准体系。为响应国家 IPv6 发展，企业开展基于 IPv6 的创新业务，对网络接入、内部网络及系统提出新的需求。企业 IPv6 升级解决方案根据企业内部现有网络及系统情况，提供从内部网络 IPv6 升级改造技术路线到企业系统的 IPv6 规划、升级和部署相关解决方案，以满足企业开展 IPv6 业务，适用于工业互联网网络体系中工厂控制系统和工业云平台部分。

1.1 背景

2017 年 11 月 26 日中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，明确了推进 IPv6 部署的重要意义，提出了部署的总体要求和主要目标，

要用 5 到 10 年时间，形成下一代互联网自主技术体系和产业生态，建成全球最大规模的 IPv6 商业应用网络，实现下一代互联网在经济社会各领域深度融合应用。为贯彻落实中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，加快网络基础设施和应用基础设施升级步伐，促进下一代互联网与经济社会各领域的融合创新，工信部发布关于贯彻落实《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，积极推进内部网络和应用 IPv6 改造，加快推进企业生产管理信息系统等内部网络和应用 IPv6 改造，加强 IPv6 环境下移动互联网、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等研究与应用，强化 IPv6 环境下网络安全保障等。物联网、移动互联网、云计算等新兴产业的发展都需要海量的 IP 地址作为支撑，IP 地址不足已经严重制约着这些处于全球竞争前沿、具有最广阔前景的新兴产业发展。随着物联网、移动互联网、云计算等业务不断发展壮大，运营商不停地扩大网络规模，这也使 IPv4 地址枯竭的速度更快了，分配殆尽的 IPv4 地址已经成为制约我国物联网、移动互联网、云计算发展的瓶颈。

1.2 实施目标

基于互联网协议第四版（IPv4）的全球互联网面临网络地址消耗殆尽、服务质量难以保证等制约性问题，IPv6 能够提供充足的网络地址和广阔的创新空间，是全球公认的下一代互联网商业应用解决方案。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于显

著提升我国互联网的承载能力和服务水平，更好融入国际互联网，共享全球发展成果，有力支撑经济社会发展，赢得未来发展主动。

推进 IPv6 规模部署是互联网技术产业生态的一次全面升级，深刻影响着网络信息技术、产业、应用的创新和变革。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于提升我国网络信息技术自主创新能力和产业高端发展水平，高效支撑移动互联网、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等新兴领域快速发展，不断催生新技术新业态，促进网络应用进一步繁荣，打造先进开放的下一代互联网技术产业生态。

1.3 适用范围

企业 IPv6 升级解决方案针对企业内部现有网络及系统情况，提供从内部网络 IPv6 升级改造技术路线到企业系统的 IPv6 规划、升级和部署相关解决方案，以满足企业开展 IPv6 业务，适用于工业互联网网络体系中工厂控制系统和工业云平台 IPv6 升级演进，可应用到企业智能网络 IPv6 组网、智能机器升级、工厂云平台 IPv6 改造升级以及工业互联网应用 IPv6 业务等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

企业 IPv6 升级解决方案针对工厂控制系统，工业云平台 IPv6 的升级，提供相应的改造方案。在智能机器中，物品应具有 4 个特性：可识别性、可感知性、可定位性以及可控制性。这四个特性使得物联网对地址资源具有以下的特殊需求：工业互联网需要地址资源支持海量性，因为工业互联网中存在着海量的物品，

这些物品的数量将以万亿计，而任意的物品之间均可能需要互联，互联时需要网络地址用于定位，这些地址也将可能以万亿计；联网需要地址资源支持安全性，物联网将比互联网具有更高的安全需求。在工业云体系架构中，随着虚拟化技术的发展，一台物理主机上能够运行多个虚拟主机，导致云计算所需的 IP 地址数量成比例增长，亟需海量的 IPv6 地址资源。利用主机虚拟化技术，能够在在一台物理主机上运行多个虚拟主机，并且各个虚拟主机之间相互独立、互不影响，用户可以在虚拟主机上灵活的安装任何软件。通过在流量进出口的汇聚节点上部署 IPv6/IPv4 转换网关，可以面向 IPv6 用户，实现 IPv6 与 IPv4 协议转换。但在云化数据中心中，网络结构从汇聚变为扁平，流量的进出口数量不再唯一，需要在数据中心所有的流量进出口上都配备 IPv6/IPv4 转换网关，这样使得网络改造起来较为复杂。另外，转换网关需要维护处理数据中心内外所有业务的 IPv6 与 IPv4 协议转换，对其处理性能也提出了更高的要求。

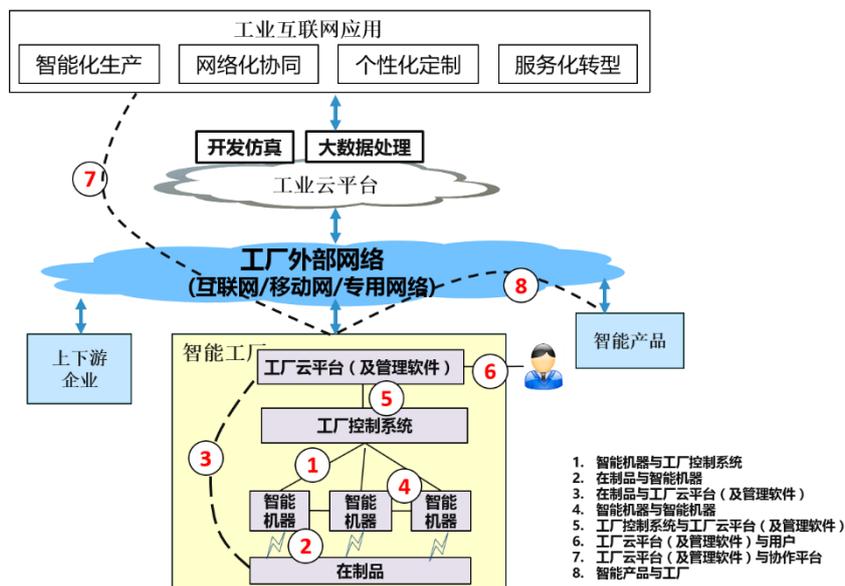


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

根据工信部关于贯彻落实《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，要求发展工业互联网 IPv6 应用，选择典型行业、重点企业开展工厂企业网络改造，创新工业互联网应用，构建工业互联网 IPv6 标准体系。在智能机器中，工业互联网需要地址资源支持海量性；在工业云体系架构中，随着虚拟化技术的发展，一台物理主机上能够运行多个虚拟主机，导致云计算所需的 IP 地址数量成比例增长，亟需海量的 IPv6 地址资源。2018 年 3 月 12 日，国资委印发《关于做好互联网协议第六版（IPv6）部署应用有关工作的通知》，要求央企在 18 年完成门户网站和面向用户的在线服务窗口的 IPv6 改造。

IPv6 在设计的过程中就已经考虑到了 IPv4 到 IPv6 的过渡问题，并提供了一些特性使过渡过程简化。针对 IPv4 到 IPv6 过渡问题已经提出了许多机制，它们的实现原理和应用环境各有侧重。目前，应用比较广泛的过渡策略主要包括双栈策略、隧道策略以及翻译策略。

3 解决方案

互联网是关系国民经济和社会发展的基础设施，深刻影响着全球经济格局、利益格局和安全格局。我国是世界上较早开展 IPv6 试验和应用的国家，在技术研发、网络建设、应用创新方面取得了重要阶段性成果，已具备大规模部署的基础和条件。

抓住全球网络信息技术加速创新变革、信息基础设施快速演进升级的历史机遇，加强统筹谋划，加快推进 IPv6 规模部署，构建高速率、广普及、全覆盖、智能化的下一代互联网，是加快网络强国建设、加速国家信息化进程、助力经济社会发展、赢得未来国际竞争新优势的紧迫要求。工业互联网作为新一代信息技术与实体经济深度融合的制高点，以及制造业转型升级的主攻方向，成为 IPv6 网络化改造的重点应用场景。

3.1 方案介绍

近年来，全球 IPv6 产业链条发展稳步推进。在网络上设备方面，已经覆盖了 IPv4 产品的所有类型，包括数据网、固网、移动交换网、移动核心网及安全等，能够满足网络端到端的部署需求；在应用软件方面，包括操作系统、Web 引擎、数据库、浏览器等通用软件均支持 IPv6。根据工业互联网智能工程系统架构情况，设计相应的 IPv6 升级方案，可根据实际情况通过全面技术升级，将涉及到的业务各类应用系统和设备升级成支持 IPv4 和 IPv6 双协议栈，完成基于 IPv4 和 IPv6 协议的业务互通；或通过技术改造，在 IPv6 协议和 IPv4 协议间建立映射联系，满足 IPv6 用户能够正确的获取 IPv4 资源。

3.2 IPv6 升级技术

IPv6 在设计的过程中就已经考虑到了 IPv4 到 IPv6 的过渡问题，并提供了一些特性使过渡过程简化。针对 IPv4 到 IPv6 过渡问题已经提出了许多机制，它们的实现原理和应用环境各有侧

重。目前，应用比较广泛的过渡策略主要包括双栈策略、隧道策略以及翻译策略。

双栈策略是指在网络节点中同时具有 IPv4 和 IPv6 两个协议栈，这样，它既可以接收、处理、收发 IPv4 的分组，也可以接收、处理、收发 IPv6 的分组。双栈策略的优点是概念清晰，易于理解，网络规划相对简单，同时在 IPv6 逻辑网络中可以充分发挥 IPv6 协议的所有优点（如安全性、路由约束、流的支持等方面）。

隧道策略是 IPv6 升级中经常使用到的一种过渡机制。所谓“隧道”简单地讲就是利用一种协议来传输另一种协议的数据的技术。隧道技术主要实现了在 IPv4 数据包中封装 IPv6 数据包，随着 IPv6 技术的发展和广泛应用，未来也将会出现在 IPv4 数据包中封装 IPv6 数据包的隧道技术。隧道技术能够充分利用现有的网络投资，因此在过渡初期是一种方便的选择。但是，在隧道的入口处会出现负载协议数据包的拆分，在隧道出口处会出现负载协议数据包的重组。这就增加了隧道出入口的实现复杂度，不利于大规模的应用。

翻译策略可以分为两个层面来进行，一方面是 IPv4 与 IPv6 协议层的翻译，另一方面是 IPv4 应用与 IPv6 应用之间的翻译。前者主要是通过 NAT-PT 技术实现的，后者则主要通过应用代理网关 ALG 来实现。NAT-PT 实现了网络层的协议翻译；应用代理网关则实现应用层的协议翻译，对于不同的应用，需要配置不同

的应用代理网关。翻译技术的优点是不需要进行 IPv4、IPv6 节点的升级改造，缺点是 IPv4 节点访问 IPv6 节点的实现方法比较复杂，网络设备进行协议转换、地址转换的处理开销较大。因此，该策略一般是在其他互通方式无法使用的情况下使用。

3.3 企业 IPv6 演进

在 IPv4 向 IPv6 的演进过程中，为保证业务平台的平滑、稳定演进，可以采用三种方案：第一种是互通网关方案，保持业务平台现有结构不变，通过分别在 IPv4 和 IPv6 的网络边界部署网关设备，利用 IPv4/IPv6 翻译技术接入 IPv6 用户；第二种是 IPv4 和 IPv6 应用并存方案，业务平台中 IPv4 和 IPv6 应用并存，使得平台具备同时支持 IPv4 和 IPv6 的功能；第三种是全面升级方案，完成全业务平台以及周边系统 IPv6 升级，同时要求在 IPv4 网络停止运营前，基于 IPv4 的业务平台需要继续支持 IPv4 用户。

3.3.1 互通网关方案

保持平台现有结构不变，通过协议转换机制(NAT-PT/ALGA)支持 IPv6 用户的接入。如下图所示，通过在 IPv4/IPv6 网络边界部署网关设备，当 IPv6 终端用户从 IPv6 网络接入，与互通网关建立隧道后，可以使用 IPv4 网络中的应用，类似的，当 IPv4 终端用户从 IPv4 网络接入，与互通网关建立隧道后，可以使用 IPv6 网络中的应用。

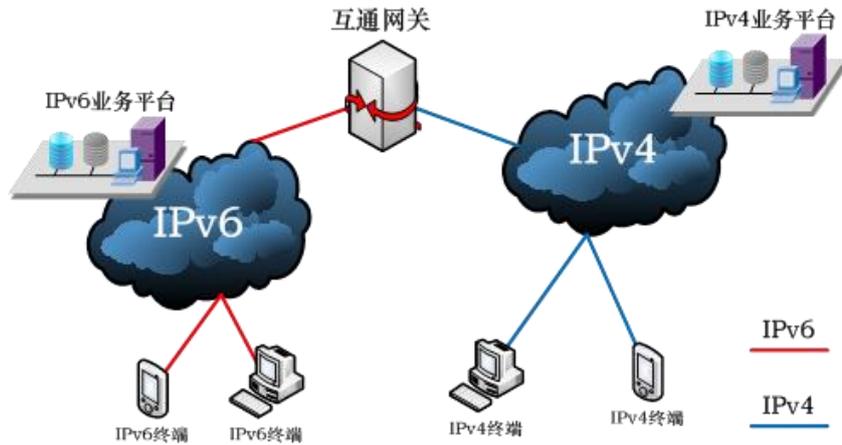


图 2 基于翻译技术的 IPv6 过渡方案

3.3.2 IPv4 和 IPv6 应用并存方案

将业务平台升级到 IPv6 后，IPv4 和 IPv6 应用将并存。如下图所示，将 IPv4 业务平台的部分应用升级到 IPv6，包括对外门户和接口、核心业务逻辑，同时为了兼容 IPv4 用户以及其它相关系统，保留原有 IPv4 业务平台的对外门户和接口暂时不变，核心业务交由 IPv6 核心业务逻辑处理。升级完成后，IPv4 对外门户和接口为 IPv4 用户提供服务，IPv6 对外门户和接口为 IPv6 用户提供服务，核心业务逻辑升级成 IPv6 实现共用。

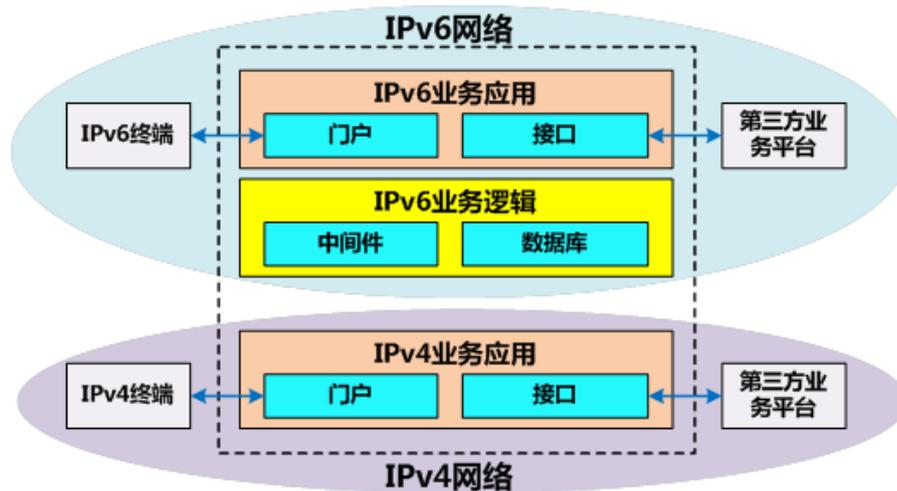


图 3 IPv4 和 IPv6 应用并存的 IPv6 过渡方案

业务平台中 IPv4 和 IPv6 应用并存，同时支持 IPv4 和 IPv6 用户的接入。

3.3.3 全面升级方案

一些企业需要满足国家政策性要求或者自身发展需求，需要大量 IP 地址，对 IPv6 网络改造有迫切需求，需要全面升级到 IPv6 网络和服务，完成所有业务平台和 SP 应用平台的 IPv6 升级改造建设，包括数据中心的所有设备、网络设备、终端系统和应用系统等全面支持 IPv6，同时要求在 IPv4 网络停止运营前，基于 IPv4 的业务平台需要继续支持 IPv4 用户。

3.3.4 方案对比



图 4 方案优劣对比

互通网关方案业务平台工作量小，无风险，投入小，能快速实施，比较适合 IPv6 试商用阶段；IPv4 和 IPv6 应用并存方案改造部分业务平台，为全面实现 IPv6 打下基础，工作量中等，风险小，投入中等，比较适合 IPv6 规模商用阶段；全面升级方

案工作量大，风险大，投入大，只有在 IPv6 全面商用阶段才会出现。

4 成功案例

4.1 案例一 国家电网 IPv6 升级方案

根据国家电网 309 家国电系统单位分区域整合互联网出口，增强互联网访问的安全性，消除各分公司、子公司互联网出口带来的安全薄弱点；通过对互联网出口整合，实现用户上网流量统一管理、统一控制，合理、有效、按需分配带宽，避免带宽滥用、资源浪费，提升网络质量；通过对互联网出口整合，实现安全事件统一管理，做到事前预防、事中控制、事后追查，避免安全事件重复发生；并对国家电网 100 多个系统进行调研，根据系统架构及中间件情况，根据国家电网内部系统的架构有针对性的进行 IPv6 升级方案，考虑到国家电网系统比较复杂，为保证国家电网能完成平滑演进，采取了分步融合方案。具备改造条件的系统采用 IPv4 和 IPv6 应用方案，采用边界升级方案，通过企业边界的防火墙等设备实现 NAT64 等地址转换，以最低成本实现 IPv6 的服务诉求。仅需要改造企业边界的防火墙、路由器/交换机、日志审计等必要设备即可，通过边界防火墙实现 IPv6 到 IPv4 的 NAT64 报文转换，使得进入企业内部的流量全部转换成 IPv4 流量，企业内部的入侵检测、WAF、网络设备、服务器和终端等设备都不需要改造。对于个别双栈终端需要访问外部的 IPv6 资源时，可以通过 ISATAP 隧道技术实现双栈终端穿越 IPv4 网络，实现

IPv6 资源的访问需求。

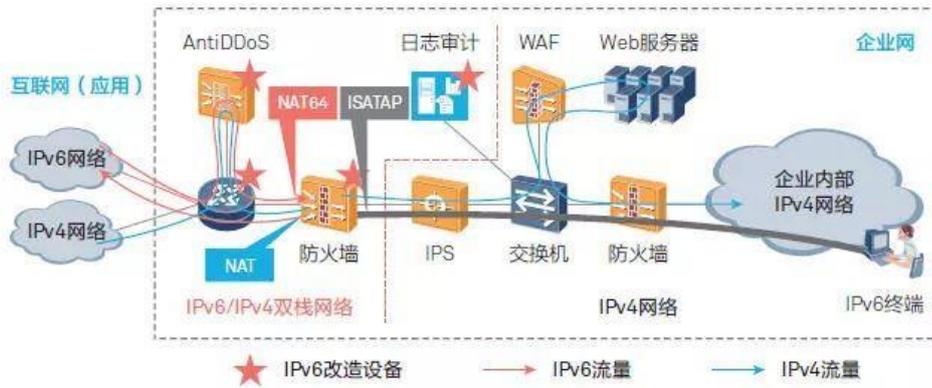


图 5 国家电网 IPv6 改造方案

4.2 案例二 中国联通企业官网 IPv6 升级方案

为了满足工信部对央企网站 IPv6 改造的需求，为用户提供 IPv6 业务，对该企业内部系统进行调研，根据系统情况，针对不同系统设计相应的 IPv6 升级方案，并对自己的官网提出了相应的 IPV6 升级改造要求，并采用互通网关方案。改造的重点在路由、网络结构和协议转换等方面。

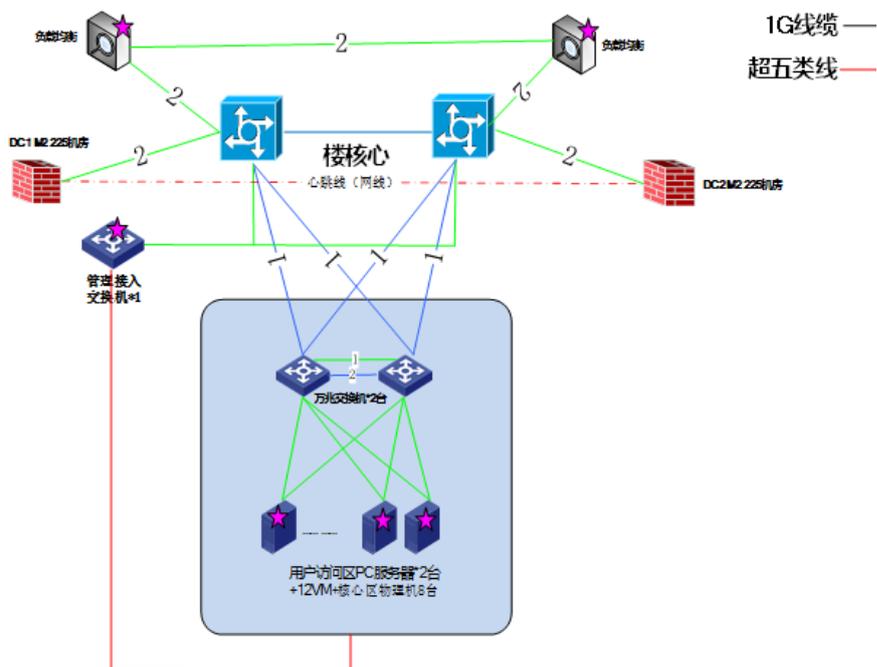


图 6 联通企业官网改造方案

路由需要的路径改造：流量从公网进入资源池核心交换机之后通过静态路由到安全等设备，由于安全等设备不支持 IPv6，于是需要通过添加静态路由的方式，把流量引导到直接进入负载均衡上去。在路径改造之后，为了保证网络安全，在现有网络结构上，添加一对防火墙来实现 IPv4 与 IPv6 的转换，位置旁挂于资源池核心交换机或集团门户汇聚交换机，此方案路由走向需要重新指定，并于防火墙上完成配置。

客户端以 IPv6 地址访问负载均衡（或防火墙）设备的虚地址（IPv6 类型），在负载均衡（或防火墙）设备上做源地址转换，源地址转换为 SNAT 地址池中的 IPv4 地址后再访问后端应用服务器。