

中国联通

一体化智慧楼宇白皮书

中国联通研究院

2023 年 6 月

版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国联通研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



目 录

一	智慧楼宇的需求场景	2
(一)	智慧楼宇的定义	2
(二)	智慧楼宇的细分市场	3
(三)	智慧楼宇的使用者	4
(四)	典型应用场景	5
1.	设施管控服务	5
2.	智慧运营管理	6
3.	智慧办公服务	7
二	智慧楼宇的业务模式	8
(一)	基础连接服务	8
1.	网络接入服务	8
2.	组网服务	9
(二)	技术物业服务	10
1.	产品体系	10
2.	供给模式	11
(三)	个人服务	12
三	智慧楼宇的关键技术	14
(一)	总体架构	14
(二)	网络底座	14
1.	光宽带	15
2.	Wi-Fi	17
3.	5G 室内覆盖	19
4.	5G+Wi-Fi 融合覆盖	22
(三)	楼宇边缘计算	24

1. 边缘云	25
2. 边缘工作站	26
(四) 智慧楼宇应用能力 (APaaS) 平台	26
1. 应用能力组件	27
2. 应用管理	28
(五) 智慧楼宇应用	28
(六) 安全技术	29
四 总结与展望	31



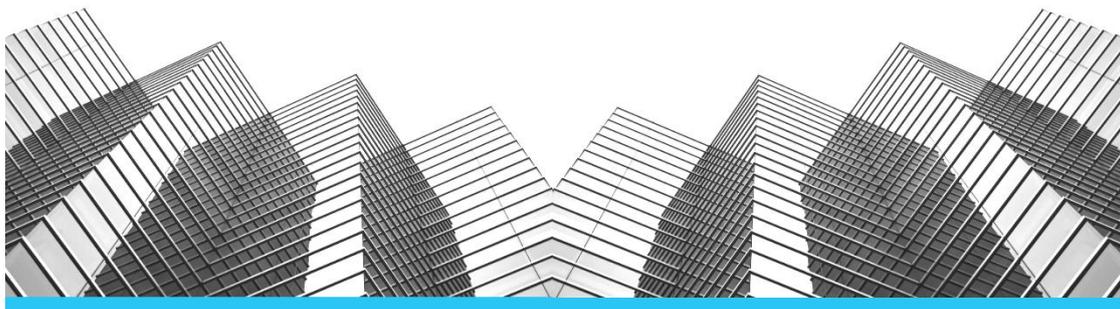
前言

在推进“新基建”的大背景下，5G、物联网、云计算、大数据、人工智能等先进技术与基础设施深度融合，为数字化、智能化的楼宇建设与应用发展带来了巨大契机，将极大程度改善人们的智慧化工作和生活方式。智慧楼宇包括多个数字化子系统。在既有供给模式中，楼宇的数字化设施和子系统往往由不同供应商提供，烟囱式地各自发展，难以实现对资源的最优化利用，各子系统数据成为孤岛，无法形成整体性的智能系统。

一体化智慧楼宇是基于端网边业协同技术打造的新型楼宇解决方案，一体化考虑楼内各类客户、各类场景，关注整体性、可持续性服务能力。从技术角度，实现网络、算力、应用的融通和整体化供给；从系统角度，实现基础通信网、楼宇自控网、企业信息网的三网合一。本白皮书从需求场景、业务形式和技术架构等三个方面阐述一体化智慧楼宇的基本面貌。

编写组成员（排名不分先后）：

魏进武、周晶、仇剑书、翟京卿、张肖、朱晓婷、黄娅、王潇、王东洋、刘英男、王彬、孙明曦、田美乔。



一 智慧楼宇的需求场景

（一）智慧楼宇的定义

智慧楼宇（Intelligent Building）也称智能建筑、智能楼宇，是将绿色建筑、通信网络、计算机自动控制、数据分析等各方面的技术相互融合，打通各个孤立系统之间的信息壁垒，合理集成为最优整体，从而形成能够适应信息化、数字化、智能化社会发展需求的新型建筑。智慧楼宇作为智慧城市的基础单元，已成为社会数字化转型的重要构成环节。

随着楼宇自动化技术、5G、物联网、大数据、云计算、AI 等众多新技术的不断发展，为楼宇应用创新提供了成熟的技术基础，让智慧楼宇发展充满了无限潜能。智慧楼宇呈现出如下几类特点：

1. 高度集成化

将传统楼宇分散的各个子系统有机地整合并实现集中管控和持续性服务，保证各类设施有条不紊、协调联动的运行。

2. 数字化

结合云计算、云存储等新技术，实现全方位的信息共享，将各个环节数据汇聚，实现数据驱动的业务办理、实时监控、远程/自动控制、能耗分析等高效管理工作。

3. 智能化

通过物联网技术的应用促进作为管控对象各类终端和传感器的智能提升，从而提高楼宇自动化管控、安全防范、便捷服务、高效使用水平，降低运维成本。

4. 可视化

大量采用三维可视技术，从楼宇智能监控入手，收集多种实时数据，将楼宇以及楼内各个使用单位的环境、设备、人员、道路、消防等信息以图表和视频方式呈现，让用户对楼宇的认知更直观，节省大量管理成本，提升数据辅助决策的效率。

5. 人性化

为楼内物管人员提供有效便捷的支撑，为楼内企业员工提供随时随地可用的智能化工作和生活环境，实现楼宇品质提升。

（二）智慧楼宇的细分市场

楼宇市场包括大企业楼宇、商务楼宇、酒店、商场、住宅等五类主要的细分市场。各细分市场的特点和智能化需求如下：

1. 大企业楼宇

主要指企业独栋楼宇，此类客户数量相对较少但其数字化转型需求多，功能和性能要求较为复杂、对定制化产品和一站式集成服务有

较高需求。

2. 商务楼宇

主要是指办公写字楼，楼宇内分布大量中小企业，客户数量多，数字化转型市场潜力大。中型企业行业属性明显，对定制产品有一定需求；小微企业更倾向于标准化和平台化产品。

3. 酒店

酒店数字化升级包括运营、营销和服务数字化，关键是提升住客体验。智慧酒店可借助智能入住系统、智能客房系统实现客户优质入住体验。

4. 商场

商场数字化转型需要通过消费者精准管理、商品智能化管理、场景数字化运营等方式推动线上线下协同发展，不断升级体验场景和智能服务，为消费者提供个性化、智能化的购物体验。

5. 住宅

智能住宅的基础是高速安全可靠的传输网络，结合各类便捷节能的智能设备，实现家居生活多个应用场景的信息化和智能化。

（三）智慧楼宇的使用者

智慧楼宇的使用者分为如下三类。

1. 楼宇业主

其需求主要是通过数字化技术改造楼宇基础设施，实现更智能的自动控制、安全监控、节能减排、人员管理等，降本增效。

2. 楼内租户

楼内企业尤其是中小企业的主要诉求是拎包入住、开箱即用，其希望楼宇能提供更多数字化服务，更便捷、更低成本地获得通信和信息技术，快速构建数字化转型所需要的能力。

3. 楼内个人

其希望通过智慧楼宇应用获得人性化的服务，通过自动化、智能化流程获得便捷性，提升办公和办事效率。

（四）典型应用场景

1. 设施管控服务

面向楼宇内安防、消防、电梯等设施的智能化管理场景，通过分析设备产生的数据帮助人们实现科学决策。典型应用场景包括：

- ◆ **智能安防：**通过门窗磁、摄像头、红外入侵检测器等设备对楼宇内安全进行动态监控，出现异常情况可及时报警，并可通过手机APP 或电脑应用查看监控视频，进行取证等。

- ◆ **智能消防：**通过 AIoT 技术增强消防能力，例如通过烟感/温感报警器进行烟雾探测，将告警信息实时传回，平台实时告警，并通过电话、短信、APP 通知相关人员为实施救援赢得时间。
- ◆ **智能门禁：**AI 技术与通行管控结合，例如通过人脸识别技术高效实现楼宇场景下的人员通行、员工考勤、访客路线，实现内部人员和外部访客的有效管理，实现楼宇无感通行。
- ◆ **智慧电梯：**采用物联网、AI 识别、大数据分析、无线通讯等技术，对运行风险、维保工作、应急救援、公众服务等进行全面的管理和服务，实现安全隐患或事故智能识别，运营状况智能分析，保养、维护、修理想能预测。
- ◆ **智能空调：**根据大数据、物联网等技术，在温度、湿度、新鲜度和洁净度方面，对全屋空气进行全维监测，提供优化运行控制建议或直接进行优化控制，帮助业主节能、增效、降本。

2. 智慧运营管理

以数字化化手段提升楼宇控管和物业满意度。典型应用场景包括：

- ◆ **智慧物业管理：**提供人员管理、流程管理、收费管理等。例如实时查看巡逻轨迹，定位巡点，巡检人员关键节点图片上传；维修派单和接单，维修记录进度可查、可追溯等。

- ◆ **楼宇自控管理：**主要指基于物联网及智能建筑相关系统，通过水、电、冷热量等的精细化分项计算，实时监测分析能源需求和使用情况，实时监控机电设备工作状态和健康程度，实现高效的管控。
- ◆ **智慧停车：**实现车场无人值守、高效通行。例如，基于射频和视频识别技术，建立智能监控卡口，支持高效的车辆识别联动闸机放行、访客预登记自动验证等功能。
- ◆ **智能巡检：**将增强现实、人工智能、头戴设备等新技术结合楼宇内实际需要，改变传统巡检方式。提供预报报警等功能，提高巡检效率。

3. 智慧办公服务

面向楼内入驻企业提供高效、智能、便捷的办公网络和智能办公应用，满足企业数字化转型需要。典型场景包括：

- ◆ **智能网络：**通过各类云网一体产品助力企业为员工提供高速、舒适、便捷、安全的智能化网络，解决企业上网入云的需求。
- ◆ **环境控制：**对办公区人、地、事等全方位立体感知，配合智能化应用系统进行环境的实时控制。比如对室内灯光开关、空调、空气净化器、窗帘、窗户等进行控制，设置情景联动，打造人性化办公环境。

- ◆ **智能工位：**灵活设置固定和非固定工位，支持 PC、WEB、APP、微信小程序等多种自助方式进行工位查询及预定。使用 IoT 设备辅助工位管理，比如动态电子工位牌、远程控制工位电源等。
- ◆ **智能会议室：**以视频会议平台为基础，深度集成会议预定、智能控制、显示扩声、会议发言、无纸化等系统，实现简单易用、场景化管控、人工智能的高效协同会议环境。
- ◆ **智能考勤：**集中统一对员工进行管理，典型功能如通过人脸识别方式对员工进行身份识别、无感记录人员考勤信息、对指定区域分级、分时段的通行权限管理、限制外来人员活动范围等。

二 智慧楼宇的业务模式

（一）基础连接服务

网络连接是数字时代的基础底座。智慧楼宇基础连接业务主要满足客户接入互联网、访问云上服务、总分机构之间通信等需求。

1. 网络接入服务

中国联通将面向中小企业的网络接入服务划分为“头等舱、商务舱、经济舱”等三种等级，提供差异化的服务能力以满足不同客户的接入需求。

- ◆ **刚性管道服务：**面向党政军、金融、大企业等质量要求最高的政

要客户所在园区、企业独栋楼宇，提供“头等舱”等级的 OTN 精品专线接入服务。通过低时延、大带宽、高安全、灵活可调的刚性管道专线，实现用户到云、到算、到分支的端到端的高可靠联接。

- ◆ **弹性管道服务：**面向大中型企业客户所在楼宇提供“商务舱”等级的高性价比智能云专线接入服务。通过专线方式快速连接并访问公有云、行业云、混合云资源，并提供动态调整带宽和安全等能力。
- ◆ **楼宇互联网专线服务：**面向中小企业用户所在产业园区、商务楼宇，提供“经济舱”等级的灵活便捷的云宽带接入服务。通过光纤接入、SD-WAN 等技术实现上网服务和云端访问，满足客户快速开通、弹性调整和自助服务等需求。

2. 组网服务

通过移网+固网融合化部署实现全楼覆盖，构建数字化应用的基础设施，为楼内客户提供多样化的组网服务。

- ◆ **楼外组网服务：**构建云网融合服务能力，通过云联网、云组网等云网一体产品，提供安全、快捷、弹性、随选的异构混合云组网方案，实现楼内企业+智能设施+外部云的专网。
- ◆ **楼内组网服务：**为企业办公内网提供室内覆盖、综合布线、网络

互联等 DICT 集成服务，通过政企网关满足企业语音、上网、组网、上云等“一站式”智能办公需求。

（二）技术物业服务

满足楼宇业主和楼内租户数字化转型需求的应用服务统称为技术物业（或数字化物业）。技术物业既包括传统物业的部分服务功能，也包括借助数字化技术提供的新型服务功能。

1. 产品体系

技术物业是面向全量楼宇客户需求提供场景化服务，整体性供给网络、算力、应用的一体化产品。

面向楼宇物业主，以传统基础或通用设施数字化服务为主，提供水、电、气、梯、消防、安防、烟感、温感等设施的数字化控制管理服务，间接服务楼内租户/住户。

面向楼内租户，提供智能会议室、智能工位、智能考勤、云打印等企业经营所需要的服务设施，满足企业数字化办公需求。



图 1 技术物业服务产品体系

2. 供给模式

目前楼宇市场产品主流供给方式为要素型供给或局部集中型供给。要素型供给是指提供网络连接、云计算等基础产品或服务；局部集中型供给是指根据用户需求将部分要素集中关联或绑定后形成相对完整的产品。这两种供给方式覆盖部分用户或场景需求，但不能满足整楼全量用户、全品类业务需求。

上述两种供给模式对应的一般是私有化安装部署，即所建设的技术物业系统为园区、楼宇或租户的私有专用系统。主要有两种建设方式：一是由开发商/业主私有化部署，以物业服务的形式提供给楼内租户/住户使用；二是由楼内租户私有化部署，一般是客户自行采购应用软件和终端设备。

一体化智慧楼宇通过集中建设实现整体性供给，面向楼宇或园区的全量用户、全品类业务需求，提供的覆盖连接、平台、应用的整合性产品和服务。连接和平台类产品需统一规划、一次部署；应用类产

品具有动态实时性，可以应用清单或弹性列表的方式提供，客户按需选择，后期按需动态调整。

一体化智慧楼宇提倡整体性服务和可持续性服务。在供给方式上，主张业务、资源公共化，由服务集成方统一部署端到端系统，为客户提供整体性、SaaS 化的技术物业服务。技术物业终端硬件部分（如网关、传感器、摄像头、控制器、门禁、办公设备等），在系统集成时一次性交付，或由客户自行采购。该方式有助于降低客户初始化投资成本，实现轻资产运营，加快数字化转型。同时新功能的增加以简单便捷为目标，通过技术架构保证新功能快速部署到位。

（三）个人服务

针对楼内个人用户，通过室内外优质网络覆盖和技术服务满足数字化应用需求。

1. 移动通信服务

通过实现楼内 5G 网络的深度覆盖，将办公区域与商业体融合贯通，为员工或访客提供全场景的高质量移动通信服务。

2. 共享 Wi-Fi 服务

通过楼内有线/无线网络部署，为楼内人员提供优质便捷高速的无线互联网接入服务。

3. 2B2C 服务

为楼内的工作人员、访客、顾客等提供数字化个人服务，如楼宇地图、办事指引、服务预约等，提升用户满意度。



三 智慧楼宇的关键技术

(一) 总体架构

一体化智慧楼宇是网络、算力、应用等数字化设施有机融合，形成整体性解决方案。

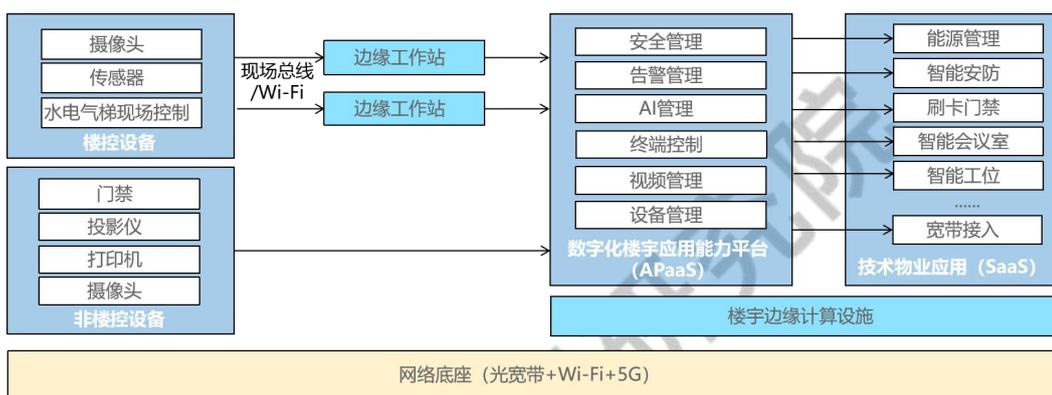


图 2 一体化智慧楼宇技术架构

(二) 网络底座

楼宇中存在三类网络需求：一是 4G/5G 公众移动网络的室内覆盖，服务楼内个人用户通信上网；二是光纤接入+Wi-Fi 网络，用于入驻企业办公和生产；三是楼内自控系统网络，目前主要使用工业总线技术，未来有望向 5G、Wi-Fi 等支持 AIoT 的网络技术演进。光宽带、Wi-Fi、5G 构成的三千兆网络将成为楼宇数字化的核心基础设施。其中光宽带和 Wi-Fi 以 2B 为主兼顾 2C，5G 以 2C 为主兼顾 2B。

1. 光宽带

基于光传输的宽带网络是智慧楼宇内联外通的核心网络基座，承载楼内设备与楼外系统交互的主要数据流量。当前楼宇采用的主要组网技术包括以太网组网、POL 组网、PON 接入等。

◆ 以太网组网（LAN）

在需要为楼宇集中构建统一物理网络的场景中，以太网组网（LAN 组网）是使用最为普遍的方式。LAN 组网通过接入交换机、汇聚交换机、核心交换机等多级交换机组成多级数据交换网络，可提供万兆传输、千兆接入的能力。楼内通过水平布线+垂直布线的方式，由基础光缆/电缆连接各级交换机；楼外通过同一高带宽链路连接到运营商局端机房。

◆ POL 组网

在需要为楼宇集中构建统一物理网络的场景中，无源光局域网（POL）提供了一种新型的全光网络技术方案。POL 是基于 PON 技术的局域网组网方式，继承了 PON 网络大带宽、高可靠性、扁平化、易部署、易管理等优点。

POL 可为智慧楼宇提供灵活、可控、安全的组网服务，可根据用户的不同需求，提供不同安全层级和灵活带宽控制。

网络保护：POL 支持网络可靠性保护机制。可采用 A/B/C 方式进行链路保护，提高链路可靠性。

带宽分配与差异化服务：商务楼宇中不同企业对带宽要求可能不一致。POL 网络可以应用 OLT 上的网络切片技术，为客户分配相对独立的软件和硬件资源，配置独立的上联端口。每个切片具备独立的业务部署和管理能力，从逻辑上可以当成一台独立的 OLT 使用。通过切片技术将物理设备虚拟成多个独立的逻辑设备，提升设备利用率，降低部署成本。

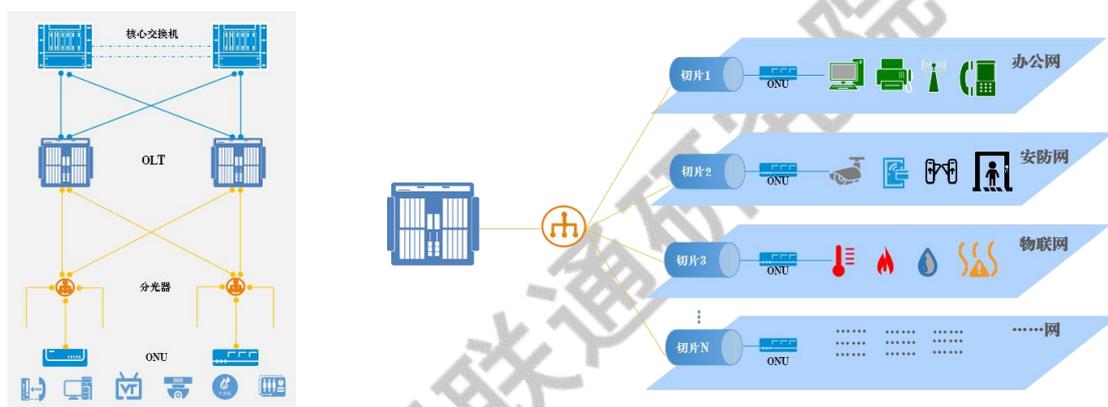


图 3 POL 组网技术

◆ PON 接入

无源光网络（PON）接入技术用于为楼宇内的单个商企客户提供独立接入运营商局端的能力，实现楼宇的深度覆盖。PON 技术有能力按照客户需求提供 10M-10Gbps 范围内的不同速率的接入链路，主要有 FTTO、FTTD 两种方式。

光纤到办公室 (FTTO)：为小型商企客户提供光纤链路和路由器。客户搭建小型局域网络，接入办公区内的各个终端。PON 光纤链路作

为办公室网络的出口链路。

光纤到桌面（FTTD）：通过桌面型 ONU 设备同时为一个或数个办公位提供接入链路。桌面型 ONU 通常提供 1~4 个办公位宽带和语音接入，可以直接安装在桌面下方的信息盒中间。

2. Wi-Fi

Wi-Fi 是智慧楼宇中的重要网络，据统计，63%的移动通信数据将会通过 Wi-Fi 接入，公共场所的 Wi-Fi 热点数据在近 3 年内增长了 6 倍。随着 BYOD 自带设备的普及，中小企业办公网络 Wi-Fi 数据在近 5 年增长了 4 倍。

Wi-Fi 采用 IEEE 颁布的 802.11 系列标准技术，当前行业广泛采用基于 802.11ax 标准的 Wi-Fi6/Wi-Fi6E，其具有大带宽、高安全、高速率等特性，峰值速率达 9.6Gbps。

最新一代标准 802.11be（Wi-Fi7）将峰值速率提高到 46.1Gbps，采用了上行多用户 MIMO（UL MU-MIMO）、MLD（Multilink Device）等技术来进一步提升高密用户场景下的吞吐率和服务质量，更好的满足楼内多终端、大带宽的场景，如 4K/8K 高清视频、AR/VR 等应用。

表 1：Wi-Fi 标准一览表

	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
发行时间	2007	2014	2019	2022
技术标准	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be

最大速率	1. 2Gbps	3. 5Gbps	9. 6Gbps	46. 117Gbps
可使用频段	2. 4G/5GHz	5GHz	2. 4G/5GHz	2. 4G/5G/6GHz
安全	WPA 2	WPA 2	WPA 3	WPA3
频宽配置	20, 40MHz	20, 40, 80, 80+80, 160MHz		20/40/80/160/320MHz
调制方式	64-QAM OFDM	256-QAM OFDM	1024-QAM OFDM	4096QAM OFDM
MIMO 天线数	4x4 MIMO	4x4 MIMO DL MU-MIMO	8x8 UL/DL MU-MIMO	16x16 UL/DL MU-MIMO

楼宇 Wi-Fi 设备由 AC、AP 组成，AC、AP 在楼宇内通过以太网进行互联。Wi-Fi AC 部署于汇聚机房。Wi-Fi AP 部署于楼宇各个网络热点区域完成楼宇内无线网络的无缝覆盖，其采用壁挂或吸顶的安装方式，部署间距在 20~40 米左右。由于同频段的不同 Wi-Fi 设备之间会存在干扰，所以楼宇内的 Wi-Fi 网络应统筹规划，集中部署和运营 Wi-Fi 基础网络和网管平台。

Wi-Fi 网络基于虚拟网络技术可实现一企一网，为商企客户提供高速、可靠、个性化的专网服务，形成千企千网。Wi-Fi 网管平台可

以实现 Wi-Fi 网络设备高效管理、维护和优化，为客户提供业务体验一致的综合网络服务能力，实现降本增效。另外虚拟企业专网需统筹考虑差异化需求，确保一次规划、一次建设、一张网络、统一运营、广泛服务、专享专用、灵活升级，打通连接应用的最后一环。

3. 5G 室内覆盖

◆ 楼宇中的 5G 应用场景

5G 具有大带宽、低时延、高可靠特点，能灵活匹配 2C、2B 领域的个性化应用需求。ITU 为 5G 定义了三大应用场景。

增强移动带宽 (eMBB) 的场景：主要满足高速率的需求，如高速下载、超高清视频、云办公、云游戏、VR/AR 等场景。在新一代智慧楼宇中，云办公、云游戏、VR/AR、超高清视频会议、数字孪生应用等都可以使用室内 5G 系统提供的泛在高速传输通道能力，上下行可达到和超过千兆速率。

超高可靠低时延 (uRLLC) 的场景：在此场景下，连接时延要达到 1ms 级别，而且要支持高可靠性 (99.999%) 连接。在新一代智慧楼宇 (如医院楼宇、商业楼宇、工业楼宇等) 场景中，远程医疗、远程手术、设备自动化控制、机器人操作等应用可通过楼宇 5G 系统提供的低时延高可靠的通信服务能力实现。

海量机器通信 (mMTC) 的场景：5G 强大的连接能力可以快速促

进各垂直行业（智慧城市、智能家居、环境监测等）的深度融合，实现“海量物联”。

智慧楼宇中的物联网应用需要部署大量控制器、传感器、智能设备，这些应用需要网络支持大连接密度、低功耗、差异化的机器睡眠时间和小数据包的高效通信，这些都需要使用 5G 系统提供的先进机器通信能力。

表 2：5G VS 4G 网络关键指标

关键指标	5G	4G
小区峰值速率	10Gbps~20Gbps	100Mbps~150Mbps
用户体验速率	100Mbps~1000Mbps	50Mbps
网络时延	1ms	50ms
流量密度	10Tbps/Km	0.1 Tbps/Km
连接密度	100W/Km	10W/Km

◆ 楼宇 5G 室内覆盖方案

室外覆盖室内：利用室外高点的宏站或者微站，对室内进行覆盖。

DAS：应用无源器件（包括合路器、功分器、耦合器、馈线、天线）与信源组成的室内分布系统。为了提升 DAS 的性能，5G 时代发展出双路 DAS 或者移频 DAS 方案。相对于室外覆盖室内方案，DAS 方

案能够保证室内的覆盖效果，但难以实现 2T2R 以上的 MIMO 效果，工作频率也受限于无源器件的通频带参数。

数字化室分：数字化室分基站系统包含 BBU，pHUB，pRRU 三种设备：BBU（基带处理单元）提供协议栈处理功能，下联 pHUB；pHUB 提供数字基带信号的扩展功能，下联 pRRU 或级联其它 pHUB，并为 pRRU 供电；pRRU（远端射频单元）完成数字基带信号到射频信号的转换。相对于传统 DAS 系统，数字化室分基站可以工作在更高的频段，能够提供更高的系统性能和容量，部署方式灵活，扩容简单。尤其是在面向 2B 场景时，可以提供定制化专属服务。在 5G 时代，数字化室分基站逐渐成为主流室内覆盖方案。

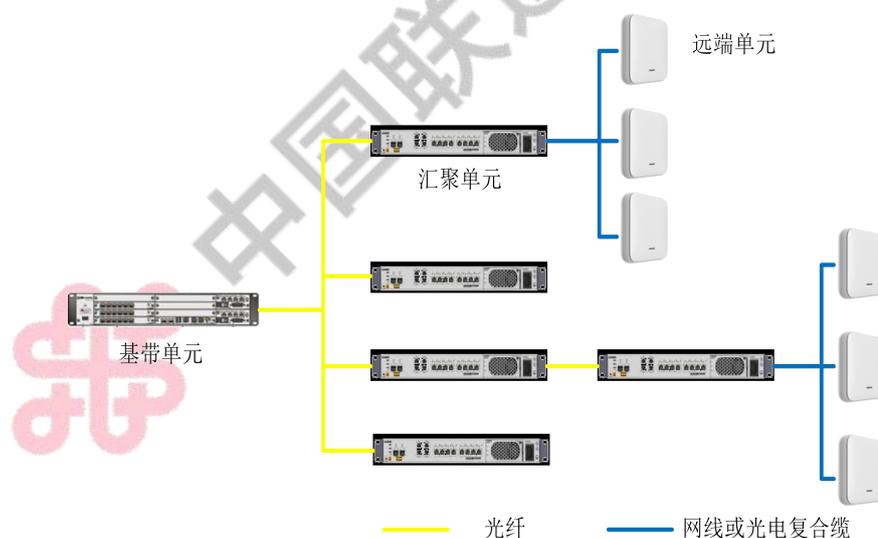


图 4 5G 数字化室分

4. 5G+Wi-Fi 融合覆盖

◆ 融合方案

传统楼宇无线网络覆盖方案中 5G 是运营商单独建设和维护，Wi-Fi 是多方部署和运营，存在重复建设、线路资源紧张、网络干扰严重、网络管理复杂等痛点。

在一体化智慧楼宇中，致力于 5G+Wi-Fi 双千兆融合网络建设。为确保网络资源合理配置和高度共享，实现 5G 室分+Wi-Fi 的统一规划和建设。5G 室分建设与楼宇业务协同发展，构建运管一张网。部署智慧楼宇 5G 室分网络时，协同规划、实施 Wi-Fi 方案建设或升级，力争一个机房、一个管道、分头维护，避免重复规划、多次施工，为网络运营者降本增效，为应用开发者弹性助力。以全光网络为基础，通过施工融合、网管融合、机房电源共用等多层次方案技术，实现低成本高效率的融合共建。

5G+Wi-Fi 融合组网技术解决方案见下图。

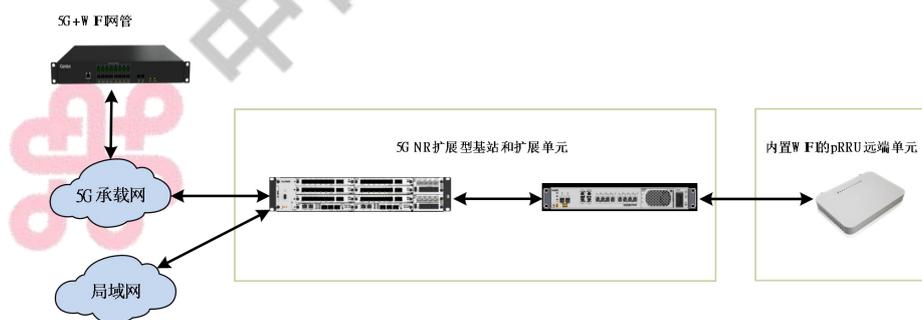


图 5 5G+Wi-Fi 融合组网

◆ 方案优点

5G+Wi-Fi 融合组网方案有如下优势/优点：

传输资源/管道资源共享：5G 与 Wi-Fi 使用同一套传输和管道资源，极大程度上降低了整网的施工量和施工难度，同时减少了工程建设成本、运维成本等。

机房资源共享：5G BBU 和 Wi-Fi AC 共架部署，减少了机房租赁成本和运营费用。如果采用云化 BBU 和云化 AC，还可实现共享计算资源。

Wi-Fi AP 与 pRRU 点位共享：AP 和 pRRU 共点位安装，避免了异系统间的干扰，可以保证更好的覆盖效果。可按照 pRRU 数量的 2-3 倍部署 Wi-Fi AP，采用远程供电光电复合缆连接，或采用光纤连接、就近取电，满足楼内业务对覆盖、容量的基本需求。

统一运营和维护：有效降低系统内和系统间干扰，通过统一运营，可以实现业务流量系统间均衡。还可以针对业务忙闲对设备统一能效管控、针对不同类型客户或业务提供个性化专属服务。

◆ 需要解决的问题

当前，面向智慧楼宇的 5G+Wi-Fi 融合还处于需求和模式探索阶段，未来还需要解决如下问题：

技术层面：目前还存在一定技术难度，包括 IP 数据与数字基带信号在同一个物理链路中如何传输，射频远端如何实现 Wi-Fi 信号与 4/5G 信号高隔离等。

行业层面：由于目前 5G 微站和 Wi-Fi 设备融合的应用场景、业

务需求以及应用规模还不明确，分布式微站和 Wi-Fi 设备融合设备还未有样机，建议根据市场发展需求，牵引产业链，适时推进产品研发和商用。

（三）楼宇边缘计算

根据边缘计算产业联盟（ECC）发布的边缘计算 2.0 定义，边缘计算主要包括云边缘、边缘云和边缘网关三类落地形态。在智慧楼宇中，边缘云和边缘网关将发挥重要作用。

1. 边缘云

目前，联通基于分布式云产品的边缘云体系主要由三类产品和服务构成，包括 DCS 分布式站点服务、DS 专属站点服务、分布式全栈私有云。

- ◆ **DCS 分布式站点：**提供一站式靠近终端客户，覆盖全面的源资源，通过就近计算和处理，优化响应延迟、中心负载和算力成本。
- ◆ **DS 专属站点：**可部署在本地数据中心提供本地化的云服务，通过资源独占、物理隔离保证安全。支持统一云管，提供混合云体验。
- ◆ **分布式全栈私有云：**面向业务分级分域、分支机构场景的一种私有化的分布式云服务，提供媲美私有云的安全及数据保障能力，针对总部和下属机构实现统一管理、统一运维，统筹统建避免重

复投资。

三种部署模式主要区别在于数据存储方式、对用户定制化的满足程度和维护方式等不同。在智慧楼宇的实际部署中，可结合目标用户需求差异采用不同的方案。

服务类别	部署方式	目标客户	服务模式
DCS 分布式站点服务	联通机房	多租户楼宇	公有云
DS 专属站点服务	联通机房-客户机房	独立办公楼宇	混合云
分布式全栈私有云服务	客户总部机房-客户分支机房	大型园区	私有云

表 3：楼宇边缘云部署方式

2. 边缘工作站

边缘工作站又称为边缘计算盒子、边缘计算网关，是一种轻量级的计算设备，用于本地化部署提供现场计算能力。边缘工作站一般支持多种网络接入，具备视频处理、AI 运算等功能。

在智慧楼宇的自动控制场景中，为了保证紧急情况下控制功能的

可用性，要求实现分区域控制，不得依赖于集中控制点。边缘工作站适合作为这种区域节点的计算设备和控制设备。

（四）智慧楼宇应用能力（APaaS）平台

智慧楼宇 APaaS 平台基于多样化能力组件为上层楼宇应用提供丰富的能力支持，以实现各类型业务的快速开发与部署，汇聚种类多样、数量充足的个性化应用。APaaS 平台具备快速部署、灵活调整、数据贯通、简单易用、安全可靠的优势，以通用化方式赋能楼宇差异化的应用需求。

1. 应用能力组件

- ◆ **智能终端接入：**支持楼宇中的智能终端、传感器等各种类型的泛终端设备接入、绑定及管理。基于设备管理能力，将智能物联网设备与楼宇业务进行关联匹配。可接入不同终端的数据，同时支持对接第三方平台，使智慧楼宇业务平台能够支撑各类场景的应用需求。
- ◆ **边缘算力协同：**支持边缘网络管理，向上层应用开放丰富的网络能力，包括能力开放代理、位置服务能力、网络分流能力、QoS 服务能力等。一站式提供贴近客户、全域覆盖的弹性分布式算力资源，就近计算和处理终端数据，帮助时延敏感型楼宇业务下沉，优化响应时延，降低整体成本。例如，可将 AI 分布式计算组件部

署在边缘节点，就近处理 AI 计算需求。再如，可将流媒体处理组件部署在边缘节点，解决本地收流、处理及存储问题。

- ◆ **空间数据服务：**支持多类型多协议数据接入、多业务数据模型、数据汇聚存储、数据维护、数据分析、数据协同开放、数据可视化。业务数据的沉淀与利用可为楼宇管理提供了数字化支撑，助力建筑智慧化发展。
- ◆ **智能运营管理：**支持对楼宇内设备、应用、用户的统一管理；支持楼宇空间可视化运维、智能监控和风险预控、业务移动化查看、基础公共服务流程标准化等。

2. 应用管理

楼宇应用管理包括接入管理、订购管理、全生命周期管理等。

- ◆ **应用接入管理：**允许应用提供方申请将自有应用接入楼宇应用能力平台。应用能力平台为其提供接入审核、上架管理等服务。对有研发需求的合作方，提供软硬件开发环境、测试环境、SDK 等资源。
- ◆ **应用订购管理：**负责楼宇应用订购数据的管理和维护，包括订购用户、套餐、资费等。提供楼宇应用清单，楼内客户（物业主、租户等）可以订购、部署并使用清单中的应用。
- ◆ **应用全生命周期管理：**支持应用上架、下线、下载、安装、升级、

锁定/解锁、卸载等功能。

（五）智慧楼宇应用

1. 多网络接入

智慧楼宇的应用采用多种接入方式，可针对不同的应用需求配置有线/无线，大带宽/小流量，IP/非 IP 的建设模式，终端和上层应用根据具体需求进行匹配。需要提供面向业务的网络监控，具备端到端时延、抖动、带宽等网络关键 SLA 的监控检测能力。

2. SaaS 化服务

智慧楼宇存在大量的物业系统、管理系统、会议系统、环境控制等应用可以基于 MEC 进行部署，基于 MEC 云化架构实现即申请即服务，业务交付零等待。应用可提出对算力的资源需求，如 CPU/vCPU、内存、硬盘、GPU 等，MEC 根据应用的资源需求进行算力分配。

3. 终端接入协议适配

技术物业应用需要有与之相对应的终端在楼宇内进行现场部署。不同的终端设备存在接入协议的异构性和应用协议的不一致性。对于应用协议的不一致性，新建系统可使用统一的开放式接口；存量应用部分则可采用云侧互通的对接协议完成数据格式的统一及不同系统间的互操作。对于终端接入协议的异构性，需提供统一的设备管理门

户，对不同厂家、不同类型、不同应用场景的设备进行统一纳管，实现对设备 ID、出口 IP、下挂设备统一管理，对设备网络质量统一监测。

（六）安全技术

随着智慧楼宇和发展，智能设备不断渗透，风险范围也在增加。根据全球网络安防企业 Kaspersky 的报告显示，全球 37.8% 的智能建筑曾遭受网络攻击。最容易受黑客攻击是楼宇自动化系统。网络安全事件可能会对楼宇客户安全、资产声誉、租户信任度、财产安全造成严重的影响。根据商业地产行业国际标准，“网络安全”是衡量智慧楼宇绩效的重要指标之一。商业楼宇必须制定网络安防计划，使之成为建筑常态的保护措施。

保障智慧楼宇安全的技术措施需要在网络、平台、终端、应用等各个层面上综合考虑。其中最基础的是网络架构上的安全措施。在使用公共基础设施的情况下，通过两个分隔和物理硬件隔离，全面保障客户信息安全、业务数据安全以及系统安全。

技术物业流量与公网隔离：将技术物业应用部署在边缘节点，楼内访问应用的流量在接入网分流到边缘节点，无需经过公网传输，实现从物理层面实现网络流量隔离。客户如有从公网访问技术物业应用的需求，可使用 VPN 服务。

不同客户之间隔离：同一楼宇、同一园区的不同客户之间需要实现网络及数据隔离。在网络隔离方面，使用虚拟网络技术为客户分配专网。对于有更高安全要求的客户，也可提供物理专线。在数据隔离方面提供两种级别的应用部署方式，一是共享部署，共用存储，通过账号权限控制；二是私域部署，独立存储，提供更高级别的安全保障。



四 总结与展望

楼宇作为智慧社会重要设施，是城市新基建的重要组成部分，是城市经济发展的新态势，已进入国家战略部署。“十四五”规划明确提出推进建筑的物联网应用和智能化改造，在政策、科技和用户需求的驱动下，楼宇呈现出从“有网络”到“智能化、数字化”演进，产生大量需求。楼宇承载中小企业逾 4600 万户。中小企业数量多、分布广、流动大，且大多（98%）尚处于数字化转型探索阶段，数字化转型需求旺盛。

当前智慧楼宇产品供给方以集成交付方案为主，产品形式为客户私有，且部分厂商单品品类较小，品类碎片严重，无法完整实现楼宇的智能化需求。但客户需求是打通多系统间烟囱壁垒的一种低门槛服务，实现全面数据拉通，尤其后疫情时代，实现中小企业轻资产运行的迫切诉求。市场面临供需结构错配，旧供给模式与新数字经济发展趋势之间的矛盾日益凸显。

一体化智慧楼宇方案需面向楼宇、园区数字化转型的需求，突破数字化要素的协同技术，打通数字化产品供给侧到需求侧的通道。依托电信运营企业的资源优势和运营优势实现模式重构，为中小企业提供集约化、轻资产、高效率的解决方案，降低数字化转型门槛。

中国联通研究院是根植于联通集团（中国联通直属二级机构），服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展引领者、产业发展助推者，是原创技术策源地主力军和数字技术融合创新排头兵。联通研究院以做深大联接、做强大计算、做活大数据、做优大应用、做精大安全为己任，按照4+1+X研发布局，开展面向CUBE-Net 3.0新一代网络、大数据赋能运营、端网边业协同创新、网络与信息安全等方向的前沿技术研发，承担高质量决策报告研究和专精特新核心技术攻关，致力于成为服务国家发展的高端智库、代表行业产业的发言人、助推数字化转型的参谋部，多方位参与网络强国、数字中国、智慧社会建设。联通研究院现有员工近700人，平均年龄36岁，85%以上为硕士、博士研究生，以“三度三有”企业文化为根基，发展成为一支高素质、高活力、专业化、具有行业影响力的人才队伍。

战略决策的参谋者
技术发展的引领者
产业发展的助推者

态度、速度、气度

有情怀、有格局、有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路1号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术