



室内5G网络 白皮书

(Version 2.0)

2018年9月





目录

1. 引言	01
2. 概述	02
3. 室内 5G 业务需求	03
3.1 5G 三大业务类型	03
3.2 室内 5G 业务及特征	04
3.3 室内 5G 业务对网络的需求	05
3.3.1 100Mbps 以上的边缘速率	05
3.3.2 99.999% 高可靠性和 $\leq 1\text{ms}$ 的超低时延	07
3.3.3 1 个连接 / 平方米	08
3.3.4 其他	08
3.3.5 小结	09
4. 室内 5G 目标网建设面临的挑战	10
4.1 高频组网带来室内深度覆盖难	10
4.1.1 高频组网传播损耗与穿透损耗大，室外覆盖室内难	11
4.1.2 无源分布式天线系统演进难、综合损耗大、互调干扰大	12
4.2 多样化的业务要求网络具备更大的弹性容量	13
4.3 行业应用要求网络具备极高可靠性	14
4.4 四代共存网络及新业务发展要求网络具有高效运维、智能运营能力	15
4.5 小结	16
5. 室内 5G 目标网建设策略	17
5.1 组网策略：高中低频分层组网，提供更大容量	17
5.2 MIMO 选择策略：标配 4T4R，提供更好的用户体验	18
5.3 方案选择策略：大容量数字化方案是必然选择	20
5.4 容量策略：弹性容量，灵活按需满足业务需求	22
5.5 可靠性策略：面向 5G 业务的可靠性设计	24
5.6 部署策略：端到端数字化部署，奠定网络运维和运营的基础	25
5.7 网络运维策略：可视化运维，实现室内 5G 网络可管可控	27
5.8 网络运营策略：基于网络运营平台，支撑室内 5G 网络智能运营	28
5.9 小结	29
6. 总结	30

1. 引言

第五代移动通信（5G）代表未来网络发展的主要方向，将驱动社会从人与人之间的宽带互联逐步扩展到万物互联，从而更加深刻地影响未来人类社会的生活和工作方式。

2017年12月20日，葡萄牙里斯本3GPP RAN第78次全会正式发布了第一个5G NR（New Radio，新空口）标准，并于2018年6月14日3GPP全会批准了第五代移动通信技术标准（5G NR）独立组网功能。该标准的发布，加速了5G商用进程。目前，全球已经有20多家运营商开始建设5G实验局或预商用局。

万物互联的智能世界中将涌现出如虚拟现实（VR）、远程医疗等丰富多彩的业务应用。室内是人类社会工作、生活的主要场所。因此，深入研究室内5G业务对网络的需求、建网策略，是一件非常重要且紧迫的工作。

2. 概述

5G 网络提供人与人、人与机器、机器与机器之间的通信能力，支持移动互联网和物联网的多种业务应用。5G 网络采用全新的网络架构和技术，适应不同场景下灵活多样的业务需求，如超宽带、超低时延、海量连接、超高可靠性。以业务需求为基础，灵活高效地提供最佳的用户体验，是 5G 网络设计的目标。

统计表明，4G 移动网络中有超过 80% 的业务发生在室内。伴随着 5G 业务种类的持续增加、行业边界的不断扩展，业界预测未来更多的移动业务将发生在室内。因此，5G 时代的室内移动网络至关重要，将成为运营商的核心竞争力之一。

与 4G 相比，5G 主流业务将承载在更高的频段（C-Band 及毫米波频段）上。频段越高，空中传播与建筑物穿透损耗越大，室外网络覆盖室内越困难，室内业务将需要由独立的室内网络来承载。

为了满足最佳用户体验、高效运维、智能运营的要求，5G 时代必须建设一张数字化的室内网络，并具备灵活扩展、可视可管、可运营的能力，才能支撑超宽带、大连接、超低时延、室内定位等丰富的室内 5G 业务。

本白皮书在《室内数字化面向 5G 演进白皮书》（1.0 版本，2017 年发布）的基础上，结合近期的实践和思考，进一步从室内 5G 业务对网络的需求、目标网建设面临的挑战、建网策略等方面详细阐述室内 5G 建网思路。

3. 室内 5G 业务需求

3.1 5G 三大业务类型

随着人们对 5G 研究的不断深入，全球移动通信行业逐步就 5G 应用的场景达成了共识。ITU-R（国际电信联盟无线电通信组）定义了 5G 应用的三大业务类型，如图 1 所示：

- 增强型移动宽带（Enhanced Mobile Broadband，简称 eMBB）；
- 超高可靠低时延通信（Ultra-Reliable and Low-Latency Communications，简称 URLLC）；
- 大规模机器类通信（Massive Machine Type Communications，简称 mMTC）。

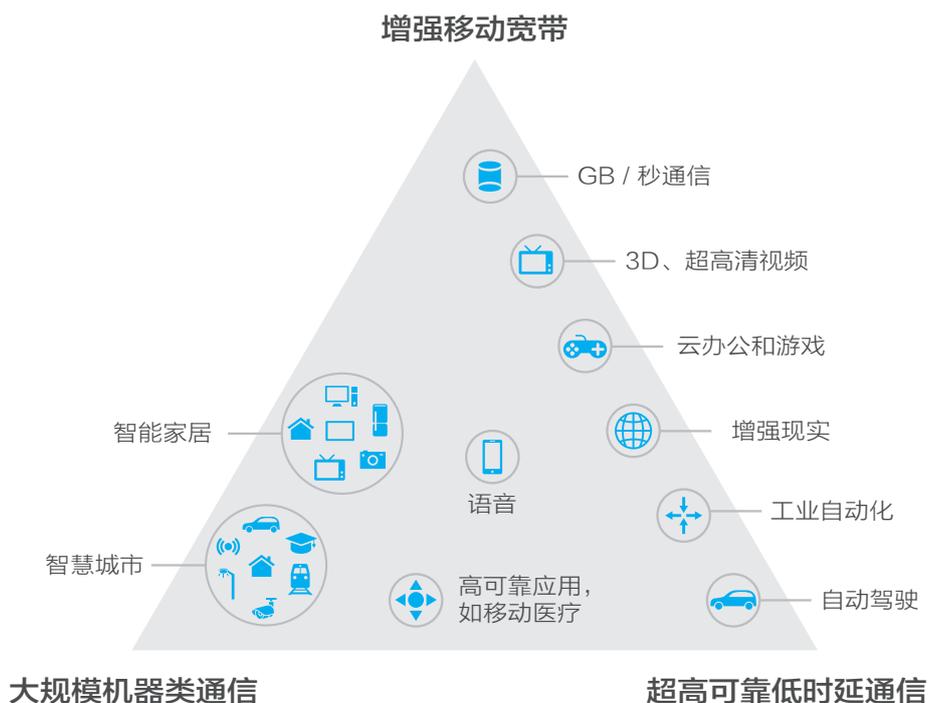


图 1 5G 应用的三大业务类型

3.2 室内 5G 业务及特征

全球移动通讯系统协会（Global System for Mobile Communications Association，简称 GSMA）认为 5G 网络将是移动互联网和物联网的重要载体，5G 将为人们带来更智能、更丰富的业务应用。5G 技术将广泛用于智慧家庭、远程医疗、远程教育、工业制造和物联网领域，具体包括千兆级移动宽带数据接入、3D 视频、高清视频、云服务、增强现实（AR）、虚拟现实（VR）、工业制造自动化、紧急救援、自动驾驶、现代物流等典型业务应用。其中，高清视频、AR、VR、远程医疗、工业制造自动化、现代物流管理等主要发生在建筑物室内场景。



3.3 室内 5G 业务对网络的需求

下面将针对室内三类不同业务，详细分析室内 5G 业务对网络的需求。

3.3.1 100Mbps 以上的边缘速率

VR 和高清视频是典型的 5G 高宽带业务。人们在室内通常处于静止或慢速移动状态，使用 VR、高清视频等超大带宽业务频次高、单次时间长，对无线网络带宽要求高。

VR 将在体育赛事、在线游戏、极致体验等方面得到广泛应用。如 2018 年韩国平昌冬奥会，主办方在赛场内不同的角落安装 360 度全景摄像机，将拍摄的高频视频信号通过 5G 网络实时传送到观众席的 VR 区域，让观众沉浸式“亲临”赛场每一个角落，享受极好的 VR 直播体验。VR 对网络的需求如下表 1 所示：

表 1 VR 业务的网络需求

下行							上行
业务	VR				Cloud VR		高清视频
	Pre-VR	入门级 VR	高级 VR	终极 VR	入门级 VR	终极 VR	
分辨率	4K/30 帧	8K/30 帧	12K/60 帧	24K/120 帧	1080P/60~90 帧	6600*6600 /120 帧	2K/30 帧
编码速率	16 Mbps	64 Mbps	279 Mbps	3.29 Gbps	70~130 Mbps	~5Gpbs	6.7 Mbps
传输带宽	25 Mbps	100 Mbps	419 Mbps	4.93 Gbps	100~150 Mbps	~6.5Gbps	10Mbps

高清视频业务在远程医疗、远程旅游、远程教育、在线购物、演唱会等场景也将会得到广泛应用。高清视频对网络的需求如下表 2 所示：

表 2 高清视频业务的网络需求

业务	入门级 4K	标准 4K	超高清 4K	8K 视频
分辨率	4K/30 帧 /8bit	4K/60 帧 /10bit	4K/120 帧 /12bit	8K/120 帧 /12bit
编码速率 (Mbps)	25~30	25~35	25~40	50~80
带宽需求 (Mbps)	≥ 30	≥ 50	≥ 50	≥ 100

从表 1 和表 2 可以看出，为了满足入门级 VR 和 8K 高清视频的需求，需要具备 100Mbps 的业务速率。而 Cloud VR 的图像是在服务器端完成渲染后再传输到无线终端上，对移动网络带宽和时延的要求更高。比如，入门级的 VR 需要 100Mbps 带宽、10ms 时延，而终极 VR 则需要 6.5Gbps 带宽、2ms 时延。因此，只有 5G 网络才能满足 VR 的要求。

在大型场馆（体育场和会展中心）、交通枢纽（机场和高铁站）、大学城（大学校园）、商业中心（大型购物中心和大型商贸交易中心）等场景，人群密度高，使用 VR 或高清视频等大带宽业务的人多。基于入门级 VR 业务估算，预计 2022 年单位面积忙时流量密度将高达 2.5Mbps/m²，相当于 100 平方米的区域产生 250Mbps 的流量；如果人们普遍使用的是 Cloud VR，单位面积流量密度会更高。



3.3.2 99.999% 高可靠性和 $\leq 1\text{ms}$ 的超低时延

远程医疗、智能制造及应急救援是 5G 重要的业务应用，该类业务对网络的可靠性、时延有较高的要求。

在远程医疗场景，手术机器人感知到的病人身体状况及本地高清视频数据，需要通过网络传送给远程专家，支撑精准诊断。在远程手术场景，医生通过 360 度高清视频远程观察患者相关部位，远程精准操作仪器，要求端到端时延低于 10ms，信号传送可靠性高于 99.999%。美国 InTouch Health 公司已经为美国 80 多家医院提供远程医疗服务，应用于远程中风医疗、远程加护病房以及外科手术协作等场景；浙江第二人民医院、华大基因与浙江移动正在联合创新 5G 远程医疗。



图 2 远程诊断与医疗示意图

在智能制造应用场景，智能机械装置（机器人或机械手）需要协同完成产品的加工与装配，机械装置位移速度高，要求端到端时延不超过 1ms，确保精密加工的质量和效率。

在火灾应急救援等特殊场景，机器人实时回传高清视频到指挥中心，指挥人员遥控智能机械装置快速准确完成救援任务。

因此，为了满足远程医疗、智能制造、应急救援等高可靠性及超低时延业务的需求，网络需要具备 99.999% 可靠性、1ms 时延的能力。

3.3.3 1 个连接 / 平方米

物联网是 5G 主要业务应用之一。物联网业务在智慧物流的仓库管理、智慧工厂的工业制造等场景应用广泛。

智慧物流的物流枢纽，需要利用无线网络将大量带电子标签的物件连接起来，以实现物资的高效管理、调度、转运。在物流枢纽，需要对立体货架中的物件进行识别、定位和分拣，需要使用机器人自动输送到预定的位置。物流枢纽的立体仓库中物件种类多、密度高，甚至达到平均一平方米一个物件。



图 3 物流枢纽海量连接示意图

智慧工厂中,大量的机器人、机械手、AGV(Automated Guided Vehicle, 自动化指引车)、生产设备等产生大量的运行数据,都需要通过网络实时可靠传送到管理平台。其连接对象种类多、数量大,每个对象都需要一个连接,据测算每平方米将达到一个连接。

总体上,在室内某些特定场景,要求 5G 网络提供平均一平方米一个连接的能力,相当于每平方公里一百万个连接。

3.3.4 其他

5G 时代,室内位置业务服务(LBS)将会越来越普遍。室内导航、室内客流分析、用户画像、精准营销等 LBS 业务要求网络具备 1~3 米甚至更高的室内定位精度能力。

3.3.5 小结

综上所述，室内 5G 业务需要网络具备下行边缘速率 100Mbps、时延 1ms、流量密度 2.5Mbps/m²（2022 年）、可靠性 99.999%、每平方米一个连接、1-3 米室内定位精度的能力，汇总如下表。

表 3 室内 5G 目标网络要求

室内 5G 网络指标要求	
边缘速率	DL ≥ 100Mbps, UL ≥ 10Mbps
流量密度	2.5Mbps/m ² (室内高密场景) 0.5Mbps/m ² (室内普通场景)
连接密度	一个连接 / 平方米 (一百万连接 / 平方公里)
时延	1ms
定位精度	1 ~ 3 米
网络可靠性	99.999%

当然，5G 业务应用的场景不同，业务需求有所不同，所以需要针对不同场景灵活选择合适的室内 5G 建网目标。

4. 室内 5G 目标网 建设面临的挑战

由于各种类型的室内 5G 业务将由同一张网络采用“切片方式”承载，建网过程中需要考虑的因素较多，面临的挑战大。在一定的无线频谱效率下，100Mbps 的边缘速率需要较大的频谱带宽，只能采取可用频谱资源较多的高频段（如 C-Band 及毫米波频段）组网；1ms 时延及 99.999% 可靠性要求需要网络架构冗余、覆盖冗余；每平方一个连接的海量连接区域，容量需求随时间变化，网络需要具备灵活的扩容能力；而业务量变化剧烈、局部开通新业务的室内场景，网络需要支持容量弹性、智能运营。由此可见，建设一张满足上表指标要求的室内 5G 网络，将会面临高频组网、网络容量弹性、网络可靠性、网络运维与运营方面的挑战，下面将分类介绍。



4.1 高频组网带来室内深度覆盖难

4.1.1 高频组网传播损耗与穿透损耗大，室外覆盖室内难

ITU-R 建议采用 Sub 6G、微波频段部署 5G 网络，高频段的频谱资源可以提供较宽的带宽。Sub 6G（如 3.5GHz、4.9GHz）和毫米波等不同的频段，其覆盖能力差异较大。按照电波传播规律，频率越高，空中传播损耗越大，墙体或玻璃的穿透损耗也越大，室外覆盖室内将变得更加困难。在韩国和中国对 5G 网络进行了现场测试，测试结果汇总如下表：

表 4 不同频段室外覆盖室内综合损耗差

频段 (GHz)	自由空间损耗差值 (dB)	穿透损耗差值 (dB)	穿透损耗差值 (dB)
	距离衰减系数 20	杭州现场测试结果	
1.8	基准	基准	基准
3.5	5.8	4.8	10.6

从上表看来，电波在 3.5GHz 频段的传播损耗和穿透损耗均较大，相比 1.8GHz 频段，其综合损耗大 10.6dB 左右。4.9GHz 频段与 1.8GHz 频段综合损耗差更大。因此，3.5GHz 或 4.9GHz 相对于 1.8GHz 频段来说，室外覆盖室内更困难。进一步考虑到建筑物内部各种隔墙阻挡，高频覆盖室内深处的效果将更差。

因此，相对于 Sub 3G 频段，更多的建筑物需要单独新建一张 3.5GHz 或 4.9GHz 频段的 5G 网络。

4.1.2 无源分布式天线系统演进难、综合损耗大、互调干扰大

无源分布式天线系统由功分器、耦合器、馈线、吸顶天线等组成。目前已建的无源分布式天线系统不支持 5G 频段，系统改造面临技术不可行、难实施、成本高等巨大的挑战。

首先，无源分布式天线系统的单部件（功分器、耦合器、吸顶天线）仅支持 Sub3G（698~2700MHz）频段。多组抽样测试结果表明，Sub3G 器件在 3.5GHz 频段的关键性能指标（如插损、耦合度、驻波比）无法满足要求。因此，现网无源分布式天线系统的单部件无法支持 3.5GHz 频段；更无法支持 4.9GHz 及毫米波频段。馈线虽然可以传输 3.5GHz 信号，但损耗会比 Sub3G 高。

其次，5G 采用高频段组网，3.5GHz 的综合损耗（含无源分布式天线系统传输损耗、空中损耗、隔墙穿透损耗）比 Sub3G 大。实际测试结果如下表。

表 5 不同频段室内网络综合损耗差

频段 (GHz)	综合损耗 (dB)
1.8	-9.9
3.5	基准

从上表可以看出，3.5GHz 比 1.8GHz 的综合损耗高 9.9dB。基于 4G 网络叠加改造 5G，网络覆盖将会有较大程度的恶化；新建 5G 无源分布式天线系统，也将面临损耗大、成本高的问题。

另外，5G 与 2/3/4G 网络共存，无源分布式天线系统互调干扰更加复杂。同时考虑到实际的 5G 信源功率会更大、频段更宽，互调干扰更大。

因此，无源分布式天线系统，不论是新建还是改造，都难以支持 3.5GHz 或 4.9GHz 频段的 5G 网络。

4.2 多样化的业务要求网络具备更大的弹性容量

大型场馆、演艺场所 / 剧场等人群密集场所，特点是突发性发生人群汇聚，业务量随时间变化十分剧烈；交通枢纽、商业中心等热点区域冷热变换；工业园区、写字楼和创业园场景，各类公司需要借助运营商 5G 网络实现企业办公或商业活动，局部楼宇或区域出现爆发性容量需求。因此，5G 多样化的业务给网络容量带来更大的挑战，需要建设一张具有弹性容量的网络，以满足业务随时间和区域变化的需求，应对突发流量的冲击。

为了满足企业业务的需求，网络除了具备容量弹性以外，还需要具备切片能力，随时按需为任何一个企业用户提供满足服务等级（SLA）的业务。

因此，无论是针对热点变化的容量调度，还是针对业务灵活开通的网络切片，都要求网络具备一定的容量冗余，并具备容量按需配置和灵活扩容的能力，即具有良好的容量弹性。而无源分布式天线系统无法通过按需配置灵活调度容量，无法满足网络容量弹性的要求。



4.3 行业应用要求网络具备极高可靠性

智能制造、远程医疗等行业应用依赖于精准控制，要求相关的传输网络具备极高的可靠性。依据 3GPP TS 22.261 协议，网络可靠性需要达到 99.999% 以上。

通常，网络可靠性通常需要从平均故障间隔时间、平均故障恢复时间、系统可用性等三个方面考虑。

从平均故障间隔时间来看，无源分布式天线系统主要由大量的无源部件、少量的有源设备等两部分组成。正常条件下，连接可靠的单个无源部件出现故障概率比较低，但室内无源系统由多个串并连接的无源节点（模块）组成，当某一无源节点出现故障时整个串联系统无法工作。而这些无源节点状态不可视，出现故障都无法监测，系统平均故障间隔时间也就无从管理。

从平均故障恢复时间来看，传统室内网络某个局部出现故障后，只能依靠工程师针对室内无源系统逐条支路、逐个部件进行摸排，定位难、整改难，故障恢复时间很长。

那么，无源分布式天线系统的可用性也就比较低。

综合来看，无源分布式天线系统的可靠性较低。因此，要满足 5G 网络的极高可靠性要求，在提高系统鲁棒性的同时，更重要的是实现网络的可控可管。

4.4 四代共存网络及新业务发展要求网络具有高效运维、智能运营能力

无源分布式天线系统的无源节点数量庞大，100% 都不可监测、不可管理。例行巡检数量庞大的无源网络节点，需要巨大的人力物力投入。由于运营商网络维护部门每年用于室内网络维护的预算有限，只能选择少量站点进行例行测试、巡查、整改，难度大、耗时长。这是长期困扰网络维护部门的维护难题。5G 时代，运营商需要维护 2/3/4/5G 四张共存的网络，网络架构更加复杂，维护难度更大。

5G 时代，利用网络切片在某些特定区域快速开通新业务或企业业务，是运营商增收的重要方向。开通业务时，需要提前评估网络资源利用率、预测新业务的容量需求及服务等级的满足度，才能快速完成业务发放。目前，室内网络数字化程度不高，无法支撑精细化评估、网络资源预测，无法快速在局部区域增加容量，而需要单独为企业业务建设一套室内系统，建设周期长、投资大。比如，运营商针对某医院的无线医疗办公网络需求，无法利用运营商已经部署的无源分布式天线系统，而必须单独新增一套室内无线接入网络才能开通业务，业务发放慢、投资效率低。

目前，无源分布式天线系统在头端工作状态可视和灵活扩容上均无法满足要求，如何建设一张能灵活开通新业务、高效运维和智能化运营的数字化网络，是室内 5G 网络建设时需要重点考虑的问题。

4.5 小结

综上所述，建设室内 5G 网络过程中，将会面临高频组网、网络容量弹性、网络可靠性、网络高效运维、智能化运营等挑战。

为了应对上述挑战，需要从组网策略、MIMO（Multiple-Input Multiple-Output，多入多出技术）技术选择、方案选择、容量规划、网络可靠性、网络运维及运营等方面综合考虑室内 5G 目标网建设策略。

5. 室内 5G 目标网 建设策略

5.1 组网策略： 高中低频分层组网，提供更大容量

如前所述，5G 网络将采用频段较高的多组频率组网，主要使用的频谱是 6GHz 以下的 C-Band（3.5GHz 和 4.9GHz 频段）、26-28GHz 毫米波。

各个频段传播损耗差异较大，频谱带宽和组网成本差异也较大，组网设计的挑战就是需要综合考虑网络覆盖、容量和建网成本。

为了满足室内 5G 目标网的基本要求，室内 5G 网络需要至少选择某一频段实现连续覆盖。C-Band 频段的空中传播损耗和穿透损耗远低于毫米波，能以较低建网成本实现 5G 室内连续覆盖。毫米波频谱较宽，但是覆盖能力弱，需要密度较高的头端才能实现连续覆盖，建网成本较高。因此，在 C-Band 频谱资源无法满足业务需要的室内局部区域，再考虑局部叠加毫米波网络以满足超大容量的需求。

综合考虑频谱资源、电波传播特性和建网成本因素，室内 5G 组网时使用 C-Band 频段连续组网，用于 5G 基础覆盖和容量层；毫米波频谱用于热点区域的业务吸收。组网策略如下图所示。

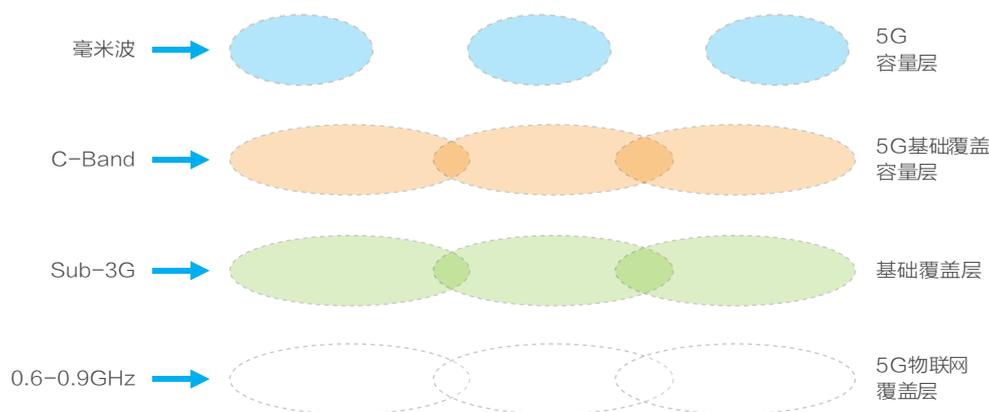


图 4 5G 组网策略

5.2 MIMO 选择策略： 标配 4T4R，提供更好的用户体验

MIMO 支持空中多码流传输，可以大幅提升小区容量；MIMO 还具备上下行分集增益，可以提高网络的边缘速率，提升用户感知。

目前，4G 智能手机支持单发单收（1T1R）或单发双收（1T2R）功能，5G 智能手机将采用更高的多发多收技术，如：双发四收（2T4R）。因此，建设适配终端能力和业务需求的 5G 网络，MIMO 技术选择是重要环节之一。

受限于安装空间，室内 5G 网络无法安装体积较大的 Massive MIMO（64T64R）天线，只能选择体积较小的 MIMO 天线。华为公司使用 3GPP 38.900 协议定义的室内非视距场景传播模型，考虑一堵室内建筑物墙体损耗、头端发射功率与 4G 相近条件下对 5G 网络进行了仿真，3.5GHz 频段 4T4R、2T2R、1T1R 配置、LTE 网络 2T2R 的小区边缘速率仿真结果如下图。

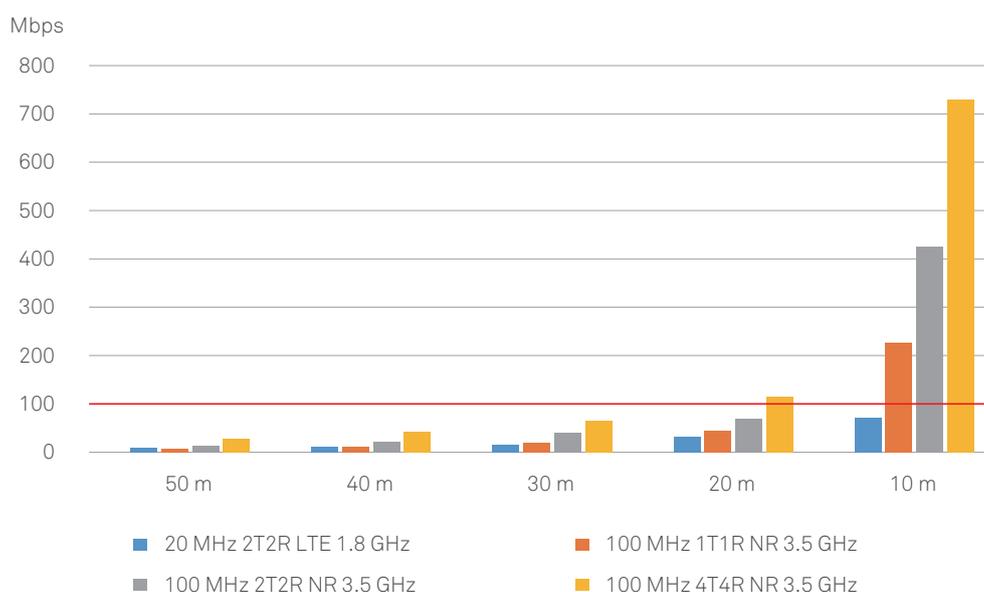


图 5 室内 5G 小区边缘速率仿真结果

如上图所示，LTE 网络无法满足随时随地 100Mbps 的带宽要求。采用 4T4R 可以较好地满足边缘速率 100Mbps 的要求。4T4R 除了有一定的覆盖增益外，还可以提供较大的系统吞吐量，能较好地满足 5G 超大带宽尤其是超高流量密度的要求。而且，相邻

4T4R 头端能通过网络配置算法组成虚拟 8T8R，提供更高的系统吞吐率和边缘速率。

综合考虑边缘速率、系统吞吐率因素，室内 5G 网络需要选择高阶 MIMO 技术。同时，考虑天线体积、技术复杂性和终端因素，选择 4T4R 比较合适。



5.3 方案选择策略： 大容量数字化方案是必然选择

可选的室内 5G 网络解决方案可以划分为室内数字化分布式基站、无源分布式天线系统、分布式光纤直放站三类。



下面将从覆盖、容量、综合成本、运维、运营等维度对三类室内 5G 网络解决方案进行对比分析。

· **室内数字化分布式基站**：该系统由 BBU、扩展单元和有源头端组成，采用室内覆盖数字化架构，包含头端数字化、线缆 IT 化、运维可视化三大特征。基于头端级的小区分裂能力，可按需灵活配置容量。采用 IT 化的网线 / 光纤部署。基于全有源的数字化系统和头端级的 MR 能力，实现网络设备的可视化和网络性能的地理化，支持网络故障快速恢复和预防性管理；同时提供室内位置服务，支撑 5G 网络能力开放和持续运营。

· **无源分布式天线系统**：由合路器、功分器、耦合器、同轴电缆、天线等无源器件组成。由于该系统是射频信号传输管道，全无源、不可管，节点多、故障定位难，不能独立提供容量，在 C-band 及毫米波频段损耗大、难以向更高频段演进。

· **分布式光纤直放站**：由近端单元、光信号扩展单元、远端单元组成。近端单元与信源设备连接，实现模拟射频信号向光信号的转换，远端单元再将光信号转换成模拟射频信

号并放大。与无源分布式天线系统相比，分布式光纤直放站具有一定的可视化管理能力，但难以与信源设备网管深度融合。而且，由于分布式光纤直放站本质上是射频信号的透明传输通道，无法独立提供容量，更无法提供弹性容量，还无法支撑数字化运营。

室内 5G 网络解决方案可选方案对比分析结果，如下图：

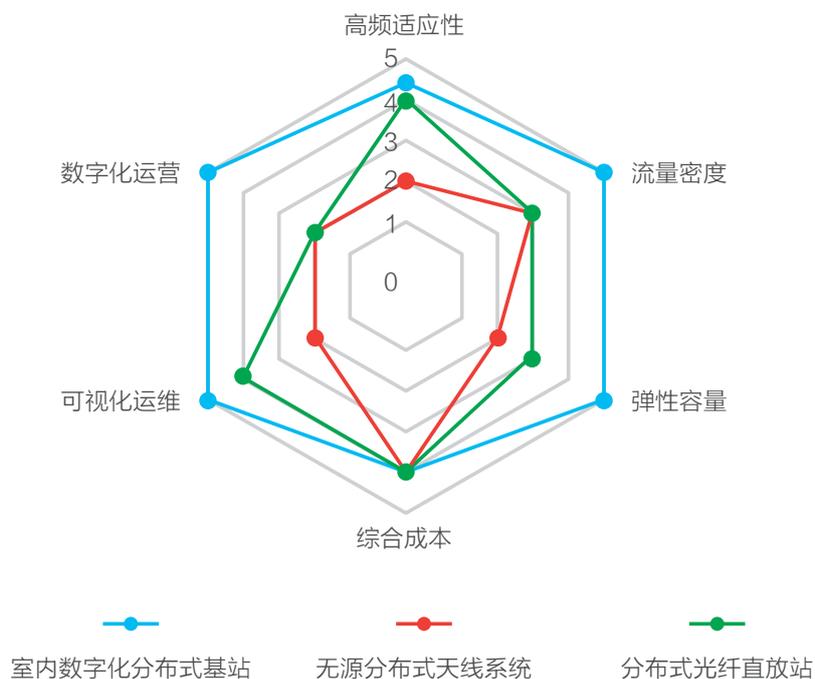


图 6 三种方案对比结果

由上图可见，无源分布式天线系统和分布式光纤直放站在弹性容量、数字化运营、可视化运维、高频适应性等方面无法满足 5G 业务要求；只有数字化分布式基站才能全面满足超高流量密度和超大带宽、超高可靠性、超低时延、海量连接、位置服务和可视化运维与智能化运营等要求。

5.4 容量策略： 弹性容量，灵活按需满足业务需求

室内 5G 网络容量规划时，要重点考虑业务模型、人群密度和目标覆盖区域面积等要素。而其中最关键的要素是业务模型，初期建网要基于 4G 网络及 5G 业务发展趋势，针对不同场景预测 5G 业务模型及容量需求。

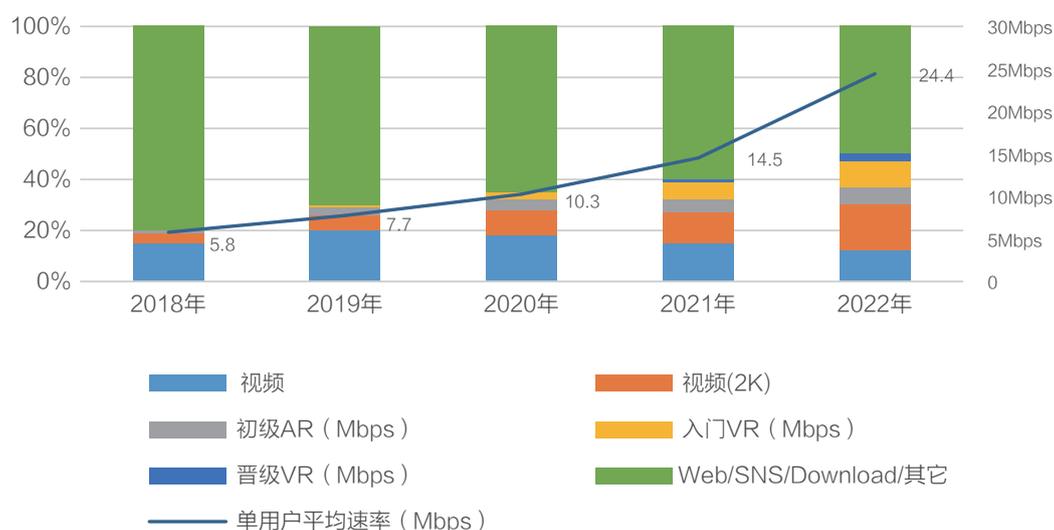


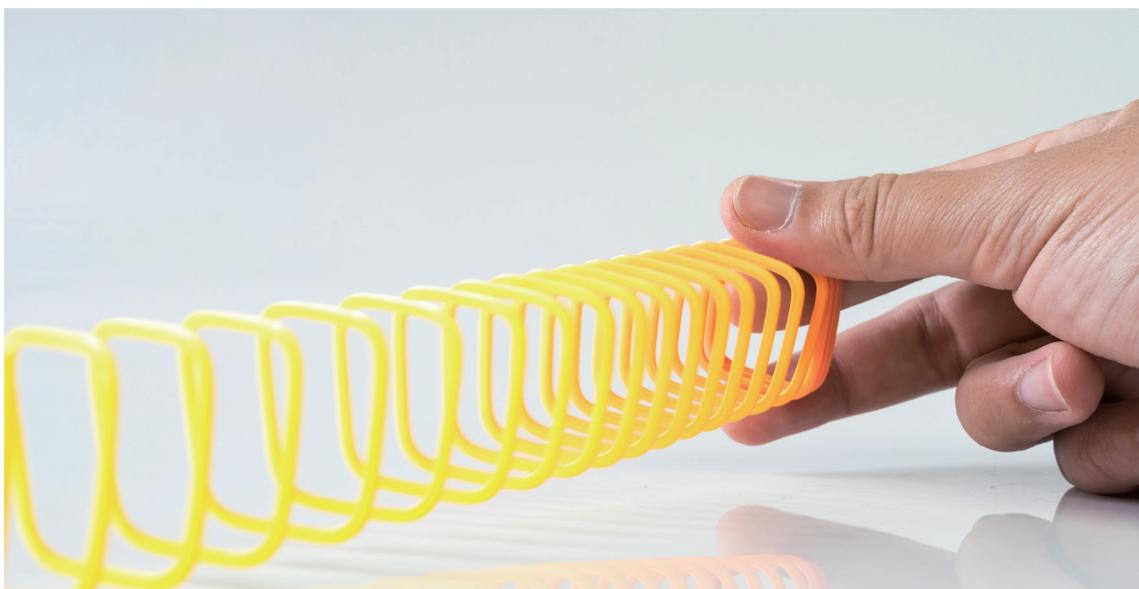
图 7 5G 业务模型预测

华为公司依据 4G 的流量变化趋势对 5G 业务模型进行了预测，如上图。

从上图可以看出，VR 业务及高清视频等高带宽业务增长迅猛。而高带宽需求所处的位置、行为模式等较难预测，尤其是无限流量等流量资费影响下，更难预测哪些用户、室内哪些区域有突发流量需求。因此，进行室内 5G 网络容量规划时，必须要考虑弹性容量设计。

弹性容量设计首先依据场景特征及 5G 业务特点，并参考网络历史发展数据，并结合 5G 用户发展计划，在一定程度上分场景预测 5G 容量需求；其次，网络架构设计时要遵循灵活扩容原则，设备空间、传输线路设计预留，保证几倍、数十倍的弹性扩容空间；再次，网络布局时需要考虑确保扩容后小区间不出现明显的干扰；最后，在进行弹性容量网络设计时，要重点考虑 5G 企业业务频发场景，如新闻中心、集会场所等局部区域临时有容量爆发性场景。

而对于多个头端共享一个信号源的传统无源分布系统来说，头端容量无法单独调度，容量是硬的，没有弹性，难以适应 5G 业务发展要求。如果设计过大的容量冗余，传统无源分布系统需要较多的信号源，成本高、扩容调整灵活性差。



5.5 可靠性策略： 面向 5G 业务的可靠性设计

网络高可靠性的基本要求除了网络可视、网络可管、系统自愈之外，还需要针对重点区域从覆盖交叠、容量冗余、网络备份结构等几个方面进行网络可靠性设计。下面从设计角度分析如何保障 99.999% 网络可靠性要求。

首先，需要考虑室内 5G 网络覆盖冗余，在高可靠性的需求区域部署多个头端覆盖，当其中一个头端发生故障时，由相邻的头端提供信号覆盖。

其次，需要考虑室内 5G 网络容量冗余，当单个头端无法提供足够容量时，相邻头端具备为用户提供容量的能力，随时可以按需调用。

最后，设计网络时需要从拓扑架构上考虑网络可靠性，在关键连线和节点上采用冗余备份，不同头端采用不同传输线路，这样当一路传输线路出现临时故障时，相邻头端仍然可以提供服务。可靠性组网示意图如下。

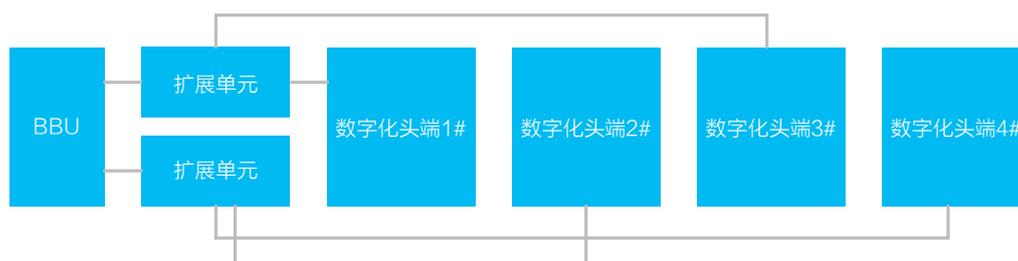


图 8 网络可靠性设计示意图

5.6 部署策略：端到端数字化部署，奠定网络运维和运营的基础

室内 5G 网络部署阶段，既要考虑部署成本，也要考虑部署阶段的质量对后续日常运维的影响。部署阶段如果不采用数字化方式部署，就无法保证头端与网管显示的一一对应，也无法准确标识头端的具体位置，会导致可视化运维、智能运营不具备实施基础。因此，在室内 5G 站点选择、勘测设计、集成实施、竣工验收等环节，都需要采用数字化方式部署。

基于大数据技术的站址选择方案已经广泛应用于 4G 网络部署。由于 5G 流量更多集中在室内，业务量随时间、空间变化更加频繁，需要基于 4G 网络数据生成业务、用户、流量的 3D 分布图，作为室内 5G 站点选址的主要依据。

选择合适的站址后，需要使用智能勘测设备到现场采集数据，生成精细化的室内 3D 数字地图，作为室内 5G 容量规划及覆盖设计的输入。设计方案经过迭代仿真验证后，输出满足覆盖、容量和可靠性要求的头端位置、走线路由、连接关系图表。所有勘测、设计、仿真信息将详细记录到一个交付作业平台中，实现数据贯通。

其后的集成实施过程中，按照数字化的 3D 设计图确认安装位置、走线路由、连接关系，按照规范将相应的网元或头端安装在规定的位置，并将实际部署结果记录到交付作业平台的数据库中。这样保证了施工与设计的一致性，实现了集成部署过程可视、质量可控，避免施工出错反复整改。

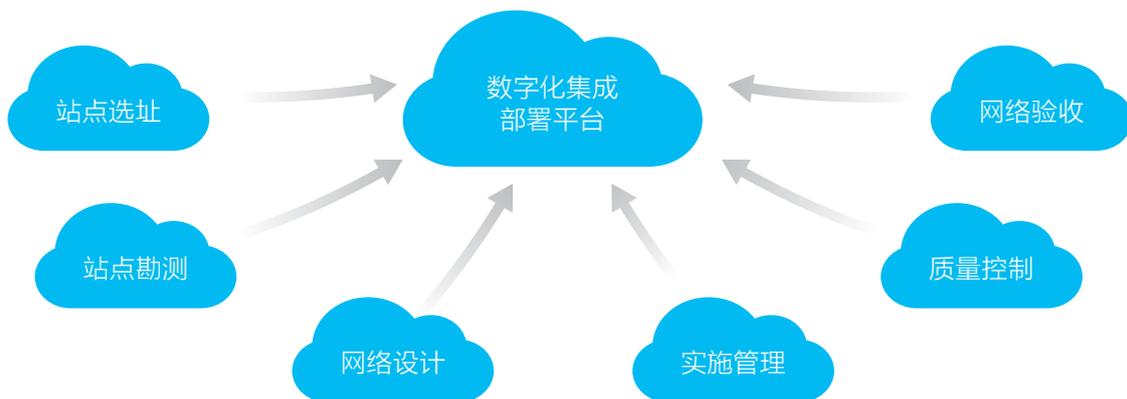


图 9 室内 5G 网络可视化运维示意图

系统上电后，将设计参数配置到每个头端，导入室内 3D 数字地图及实际部署数据库信息，系统将实现实时动态监测头端的工作状态、业务量和用户变化。运行一段时间后，系统将按模板生成网络运行指标及性能报告，辅助网络竣工验收。

综上所述，只有网络部署过程端到端数字化，使用统一的数字化集成部署平台（如图 9 所示），才能实现选址、勘测、设计、施工、验收过程的数据贯通，保障数据统一，准确、高效、高质量完成室内 5G 网络部署，为高效运维、智能运维夯实基础。

5.7 网络运维策略： 可视化运维，实现室内 5G 网络可管可控

网络运行中会不断出现各种问题或故障，为保障用户良好感知和网络高效运营，需要对网络实行精细化维护。室内 5G 网络简单、高效运维的基础是所有网元和头端工作状态可视。在状态可视的基础上，才能实现网络动态监控、故障识别和快速定位。基于室内 3D 数字化地图的可视化网络运维示意图如下。

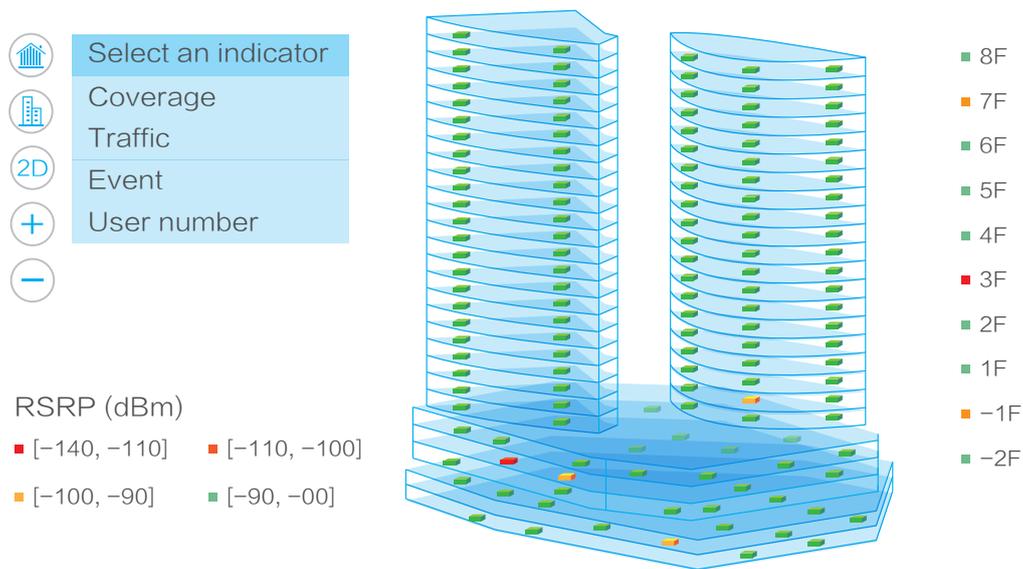


图 10 室内 5G 网络可视化运维示意图

为了提高室内 5G 网络运维效率，需要基于大量的历史数据预测业务变化，及时采取容量分配、能耗管理策略，远程对网元或头端实施参数优化、模式变更等操作。更进一步，还需要对网络故障进行统计分析，对故障的严重程度进行分级排序，综合进行智能化判断，自动输出紧急且重要的故障处理工单，大幅减少工单量和故障处理工作量，改善网络运维效果，且大幅减少运维费用。

5.8 网络运营策略：基于网络运营平台，开展室内 5G 网络智能运营

首先，运营商将利用 5G 强大的切片能力为行业客户提供高质量的网络服务。未来，企业不再需要自己搭建和维护单独的室内专网，可以直接使用运营商的在线业务系统申请开通网络服务、新业务。比如医院可以在线向运营商申请本地医疗办公、远程医疗的网络服务，商业中心临时向运营商申请网络带宽支持商品 VR 促销活动等。而支撑这类业务灵活开通，除了需要网络具备弹性容量外，还需要搭建室内网络运营平台，通过大数据分析，高效识别高价值业务、快速识别潜在客户、精准营销。

其次，未来社会是数据驱动发展的时代，超大流量的室内 5G 网络承载了非常有价值的的数据。基于 5G 网络的室内位置的大数据，已在室内导航、导购、室内客流、安全监控、精准营销方面得到了较为广泛的应用，而且数据精度越高价值越大。为了更好地发展室内 5G 网络的大数据业务，除了必须部署室内数字化分布基站外，还需要搭建室内网络运营平台，构建室内位置、用户画像、数据安全等基础能力，并通过能力开放的方式使能行业应用。

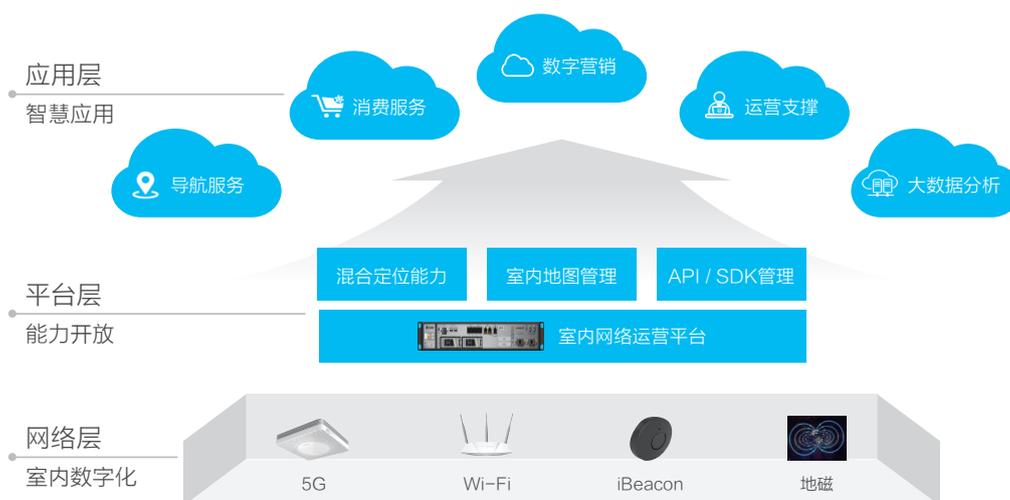


图 11 室内网络运营平台

5.9 小结

综上所述，为应对室内 5G 网络各方面的挑战，需要采用高中低频分层组网策略，选择 4T4R 及以上的数字化分布式基站，基于室内数字化集成部署平台，规划建设一张弹性容量、99.999% 可靠性（高可靠性业务区域）、3D 可视的室内数字化 5G 网络，并基于室内 5G 网络运营平台，实现网络智能运营。

6. 总结

5G 网络是云计算、大数据、人工智能和物联网发展的战略性需求。其领先的架构和技术，将帮助整个社会构建真正的“万物互联”，催生新技术、新产品、新生态、新模式，深刻影响和改变人类的生产结构、生产方式、生活方式乃至思维模式，实现社会生产力的大幅提升。

超高清视频、虚拟现实、海量智能传感器互联等室内 5G 业务，需要网络具备高带宽、低时延、高可靠性、高精度室内位置等能力。因此，室内 5G 网络建设将会面临高频组网、网络容量弹性、网络冗余、网络可视、高效运营等多方面的挑战。

建议选用 4T4R 以上的室内数字化分布基站，采用端到端数字化集成部署方式，规划建设一张容量密度大、容量可灵活调度、运维可视的室内 5G 网络，并基于室内网络运营平台，实现室内 5G 网络的智能运营。

关于香港电讯

香港电讯是香港首屈一指的电讯服务供货商及领先的固网、宽带及移动通讯服务运营商，提供广泛的服务以满足全港市民、本地及国际商界的需要，包括本地电话、本地数据及宽带、国际电讯、移动通讯，以及客户器材销售、外包服务、顾问服务及客户联络中心等其他电讯服务。

关于全球移动供应商协会（GSA）

全球移动供应商协会（GSA）是非营利性行业组织，在全球移动生态系统中，代表提供基础设施、半导体、测试设备、终端、应用以及移动支持服务的公司。GSA 积极推出 3GPP 技术路线图（3G、4G 和 5G），为行业报告和市场情报提供唯一信息来源。GSA 的成员不仅推动协会议程，也为协会的沟通和发展制定战略。

关于华为

华为是全球领先的 ICT（信息与通信）基础设施和智能终端提供商，致力于把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。我们在通信网络、IT、智能终端和云服务等领域为客户提供有竞争力、安全可信赖的产品、解决方案与服务，与生态伙伴开放合作，持续为客户创造价值，释放个人潜能，丰富家庭生活，激发组织创新。华为坚持围绕客户需求持续创新，加大基础研究投入，厚积薄发，推动世界进步。华为成立于 1987 年，是一家由员工持有全部股份的民营企业，目前有 18 万员工，业务遍及 170 多个国家和地区。

香港电讯有限公司

传真: +852 2877 8877
电话: +852 2888 2888
www.hkt.com

全球移动供应商协会（GSA）

邮箱: info@gsacom.com
电话: +44 (0) 3301 131 572
www.gsacom.com

华为技术有限公司

深圳市龙岗区坂田华为基地
电话: +86 755 2878 0808
www.huawei.com