

GSA



室内数字化面向 5G 演进白皮书

2017 年 11 月

由 GSA 与华为携手贡献
Copyright ©



The contents of this document are the property of GSA and are protected by copyright and other intellectual property rights. All rights reserved. Reproduction of this publication in part for non-commercial use is allowed if the source is stated. For other use, and any other enquiries, please contact:

GSA Secretariat

Email: info@gsacom.com

Tel: +44 (0) 1279 439 667

GSA cannot and does not warrant the accuracy, completeness, currentness, non-infringement, merchantability or suitability for a particular purpose of the contents herein.

Acknowledgements

This report benefits greatly from the insights and experiences kindly contributed by the GSA's members and community, in particular, the Executive Members Huawei.



目录

1. 前言	1
2. 概述	2
3. 室内网络 5G 演进面临的挑战	3
3.1. 业务需求的挑战	3
3.2. 当前网络要准备好容量高速增长挑战	4
3.3. 采用更高频段后，室内覆盖不足的挑战	5
3.4. 智能运维的挑战	6
3.5. 小结	6
4. 面向 5G 室内演进方案	6
4.1. 室内 5G 目标网	6
4.1.1. 5G 网络指标要求	6
4.1.2. 室内 5G 网络分层	7
4.2. 迈向 5G 目标网的 3 个步骤	8
4.3. 各种室内覆盖技术面向 5G 演进的能力对比	9
4.4. 新型数字化室分系统具备哪些特征	10
4.5. 新型数字化室分满足室内网络 5G 演进的各种需要	11
4.5.1. 传统室分压抑流量，数字化室分释放并满足业务增长的需求	11
4.5.2. 传统室分容量受限，数字化室分易于 MIMO 多通道演进	12
4.5.3. 数字化室分易安装，可视化运维	12
4.5.4. 数字化室分使能丰富的增值业务	13
4.5.5. 数字化室分易于演进	13
4.5.6. 数字化室分能更好的保护投资	13
4.6. 小结	13
5. 加速 5G 数字化小站技术创新，强化产业链合作	14
5.1. 数字化室分最新技术创新	14
5.1.1. nTnR	14
5.1.2. 小区分裂	15
5.1.3. 非授权频谱应用	16
5.1.4. 多运营商共享	16
5.1.5. MEC 提供增值业务	17
5.2. 主流厂家集体转型，构建室内数字化新生态	17
5.3. OTT 厂家加入室内数字化产业，为用户提供更多业务与应用	18
5.4. 数字化正逐步成为运营商室内建网新标准	19
5.5. 小结	19
6. 总结	20

前言

移动宽带连接已经走向成熟，4G / LTE 作为有史以来发展最快的移动技术，能随时随地为用户提供服务和内容，并持续增加用户体验。

4G / LTE 及其 LTE-Advanced 和 LTE-Advanced Pro 的技术将持续存在并演进，并成为 5G 所依托的基础。5G 还将带来移动频谱的扩展，这些频谱中的大部分将来自于毫米波频段，这就对室内覆盖方面提出了挑战，这也是行业和 GSA 成员所关注的其中一个挑战，在本白皮书中，我们将具体展开讨论。

我们认为，移动产业要获得成功，必须能提供完善的室内覆盖，更多的数据流量需求将在室内爆发，并持续扩大，而且至今丝毫没有减少的迹象。

——Joe Barrett, GSA CEO



概述

移动通信网络正在高速发展，根据思科 VNI Mobile 统计，2017 年移动通信数据流量消耗是 2015 年的 2 倍，达到 11 Exabytes/月，而到了 2021 年更将达到 49 Exabytes/月。全球著名的信息技术咨询提供商 IDC(国际数据公司，International Data Corporation，简称 IDC) 预测，2017 年全球智能手机出货量将达到 15.2 亿台。快速增长对移动网络提出了容量更高、体验更好、速度更快、价格更优的要求。

统计表明，目前 4G 移动网络中超过 80% 的业务发生在室内场景。伴随 5G 业务种类持续增多和行业边界不断扩展，业界预测未来超过 85% 的移动业务将发生在室内场景，因此运营商室内移动网络能力至关重要，是 5G 时代的核心竞争力之一。

如何打造面向 5G 的室内移动网络？5G 室内网络的建网标准和基础业务能力是什么？如何把握

建设 5G 室内网络的演进路线和时间节奏？这些问题成为业界亟待讨论的核心议题，这篇白皮书聚焦室内移动通信网络，尝试分析和回答这些问题。

从 4G 向 5G 时代演进过程中，室内网络会面临众多挑战，比如：用户体验、容量提升、网络覆盖、智能运维、频谱利用等。当前几种主流的室内移动网络方案，哪一种更能适应未来的演进？白皮书通过对比和技术分析，得出了新型数字化网络是面向 5G 演进的最佳选择的结论，并推导出室内数字化网络的特征。同时，白皮书还从运营商的角度，给出了室内网络面向 5G 演进的建议。

同时，白皮书还认为产业至关重要，目前，运营商，电信厂家，集成交付商，业务提供商都意识到只有室内数字化才能满足未来的移动通信需求，因此，产业各方急需加速 5G 数字化小站技术创新，强化产业链合作，共同推动室内数字化产业走向繁荣。



室内网络 5G 演进面临的挑战

3.1. 业务需求的挑战

传统移动通信网络以语音和数据业务为主，5G 时代移动通信业务的种类更加多元化。如表 1 所示，5G 时代各种典型业务从多个维度都对网络提出了挑战，比如：

a. High Speed

以虚拟现实和高清视频业务为代表的 5G 新业务对网络带宽提出了前所未有的挑战，单个无线连接所消耗的流量大幅增加，达到人均 100Mbps 连接速率的需求。

b. High Flexibility

热点区域的 5G 业务对网络资源的需求变化大，对网络动态扩容和智能适配要求更高。

c. Massive Connectivity

5G 时代以物联网为代表的移动连接业务大量普

及，带来海量无线连接和高密网络拓扑分布，对网络的抗干扰和运营维护带来巨大挑战。

d. Latency Sensitive

5G 时代以触觉互联网、远程医疗和智能制造为代表的低时延业务对网络传输的时延提出前所未有的挑战。极限情况的传输时延达到了 1ms 以下，是目前 4G 网络传输时延的百分之一，需要 5G 网络从架构上变革满足相应的需求。

e. High reliability

部分高速移动业务在 5G 单站短距通信半径的特征下在通信高可靠性满足度的挑战巨大。

f. Openness

5G 业务向公共领域和垂直行业的扩展，要求 5G 网络必须是一张开放的网络，需要网络切片等技术满足 5G 业务多样化的需求。

表 1 5G 移动业务场景对照

Category	Characteristics	5G Mobile Service Scenarios		
Immersive Reality	High speed	Virtual Reality	Augmented Reality	Massive Content/ Video Streaming
Intelligence	High flexibility	User centric computing	Crowded area Service	
Omnipresence	Massive onnectivity	IoT	Smart City	LBS (Positioning)
Low Latency	Latency sensitive	Tactile Internet	Remote Surgery	Smart Manufacturing
Mobility	High reliability	Drone	V2X/Smart Transportation	Robot Teleoperation
Publicness	Openness	Disaster monitoring	Emergency service	Public safety/ Private safety

Source: 5G Service Roadmap 2022, 5G Forum, 2016

3.2. 当前网络要准备好容量高速增长的挑战

我们处于一个移动互联网高速发展的时代，物联网、高清视频、AR/VR 等越来越多的移动新业务对网络提出了大带宽、海量容量等刚性需求。如图 1 所示，据预测，到 2021 年全球智能手机流量预计增长 1100%；如图 2 所示，据 2017 年 9 月 Cisco VNI 报告，预测未来 5 年全球移动数据流量的年复合增长率达到 47%，到 2021 年达到月度流量 49 Exabyte (EB)，也就是每个月全球移动业务产

生的数据流量相当于 2.5 亿张 DVD 存储的数据容量。如此高速增长的容量需求对移动网络产生了前所未有的挑战。

与此同时，如图 3 VNI 报告显示，2021 年前，超过 79% 的数据流量会通过部署的 4G 网络承载。由此说明，5G 网络的部署和 5G 终端的大规模渗透在未来 5-10 年仍然是一个长期的过程，只能通过 4G 网络的持续扩容满足海量增长的容量需求。因此，面向 5G 演进，当前的 4G 室内网络必须具备快速灵活扩容的架构和大规模容量增加的能力。

图 1: 到 2021 年全球智能手机流量预计增长 1100%

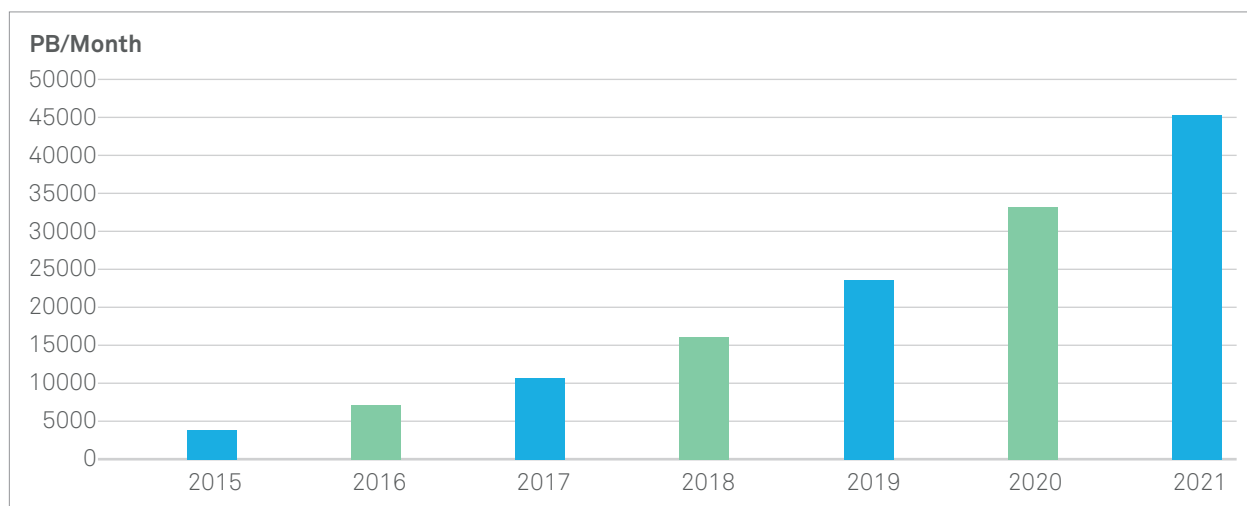
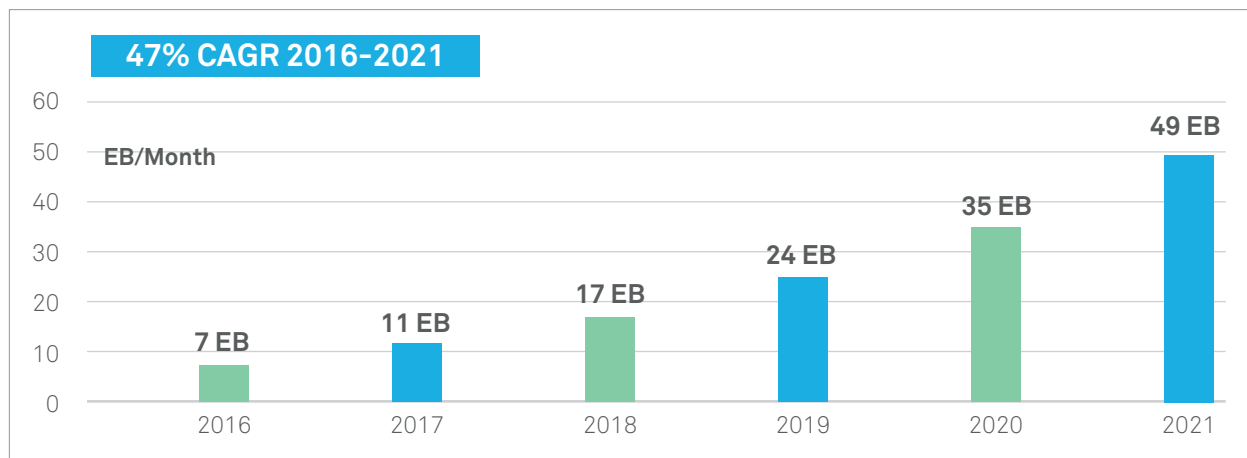
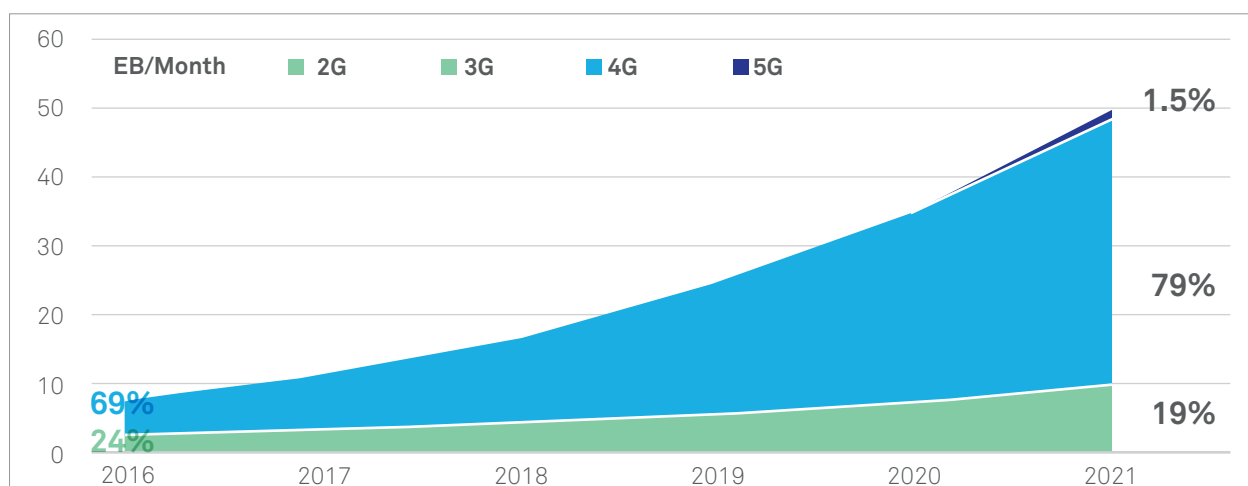


图 2: 2021 年移动数据流量预测



Source: Cisco VNI, 2017

图 3：全球不同制式移动数据流量分布



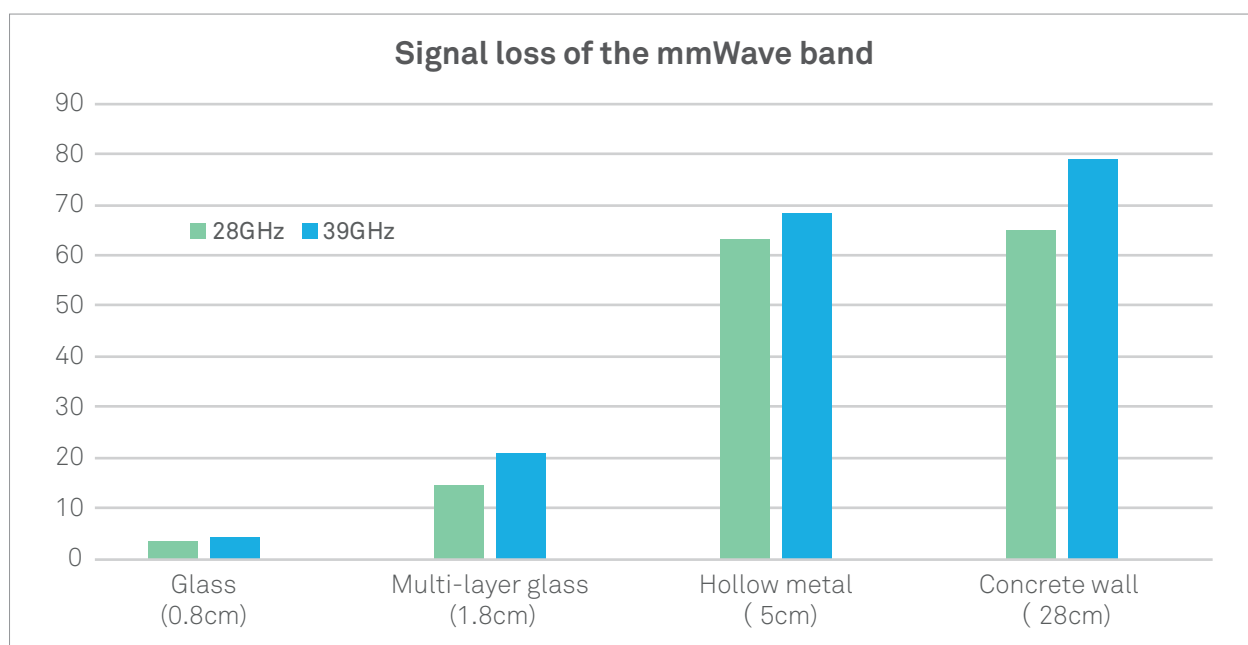
Source: Cisco VNI, 2017

3.3. 采用更高频段后，室内覆盖不足的挑战

和当前的 2G/3G/4G 移动网络相比，5G 移动网络将在更高的 C-Band 和毫米波频段上部署，从而满足 5G 业务对超大频谱带宽的要求。和 4G 时代的 sub-3GHz 频段相比，在高频段部署的 5G 宏基站信号在穿墙覆盖室内场景的时候面临更大的链路损耗问题。相比于 sub-3GHz 频段 4G 宏基站信号，C-Band

频段室外信号穿透混凝土墙壁时每穿透 1 面墙壁会产生额外的 8-13dB 链路损耗。更高的毫米波频段 5G 信号导致的巨大衰减导致其基本丧失穿墙能力，如图 4 所示，毫米波信号穿透混凝土水泥墙的损耗超过 60dB。室外 5G 宏基站信号打进室内覆盖的方式将非常困难，需要配合在室内建设专门的室分网络，才能提供最优质的室内场景 5G 业务。因此，室内场景的 5G 室分网络需要和室外 5G 网络同时部署，保障移动用户室内外体验一致性。

图 4：不同材质墙壁毫米波穿透损耗 (Source: Huawei X-Labs)



3.4. 智能运维的挑战

和室外网络不同，室内网络设备进场部署需要与物业主协调，安装和调试过程复杂，进场维护故障设备的成本很高，而且传统室分系统无法可视化监控。因此网络的快速部署和可视化运营维护成为室内网络的基本要求。同时，5G 时代网络密集部署成为常态，5G 网络设备部署的密度不断加大，室内网络设备的数量必然大幅增加。如何实时监测室内网络海量头端和其他网元设备的工作状态、如何自动根据周边信道条件和用户密度自优化网络资

源分配，如何做到网络的可视化运营维护和故障的自动诊断和愈合，直接决定了网络维护的人工成本和运营商的 OPEX。因此智能运维成为未来室内网络的必备条件。

3.5. 小结

面向 5G 时代的网络挑战，运营商对室内移动网络的布局需要更有预见性，需要提前规划和设计，以最低的成本应对未来的挑战，建设优质的室内移动网络。



面向 5G 室内演进方案

面向未来，如何满足室内场景容量不断增长、连接不断加密、时延要求不断变短、定位精度要求不断提高等一系列需求，如何向 5G 平滑演进，成为运营商当下面临的紧迫课题。

4.1. 室内 5G 目标网

» 4.1.1. 5G 网络指标要求

ITU-R 对未来 5G 指标有如下要求，网络建设应保证用户在室内室外的体验一致。

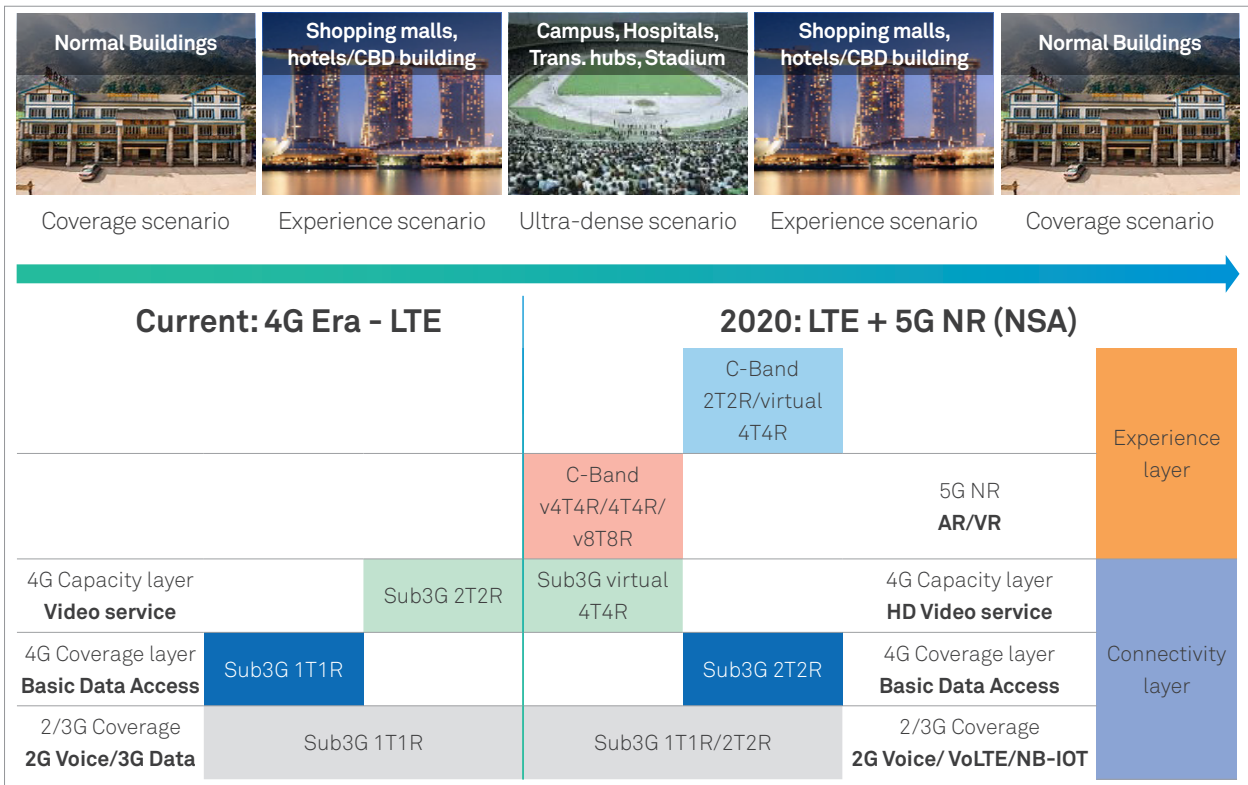
表 2: IMT-2020 最小需求 ITU 报告

Metric	Requirement	Comments
Peak Data Rate	DL: 20 Gbps UL: 10 Gbps	Single eMBB mobile in ideal scenarios assuming all resources utilized
Peak Spectral Efficiency	DL: 30 bps/Hz (assuming 8 streams) UL: 15 bps/Hz (assuming 4 streams)	Single eMBB mobile in ideal scenarios assuming all resources utilized
User Experienced Data Rate	DL: 100 Mbps UL: 50 Mbps	5% CDF of the eMBB user throughput
Area Traffic Capacity	Indoor hotspot DL: 10 Mbps/m ²	eMBB
User plane latency	eMBB: 4ms URLLC: 1ms	Single user for small IP packets, for both DL and UL (eMBB and URLLC)
Control plane latency	20ms (encouraged to consider 10ms)	Transition from Idle to Active (eMBB and URLLC)
Connection Density	1M devices per km ²	For mMTC
Reliability	99.9999% success prob.	32 L2 bytes within 1ms at cell edge
Bandwidth	>100 MHz; up to 1 GHz in > 6 GHz	Carrier aggregation allowed

» 4.1.2. 室内 5G 网络分层

5G 时代，网络将分层组网，底层以 Sub3G 为主，作为 2/3/4G 长期存在的打底层，解决语音覆盖和基础数据接入；体验层引入 C-Band，作为空口新频谱接入。

图 5: 室内 4G-5G 演进网络分层图



4.2. 迈向 5G 目标网的 3 个步骤

运营商面向 5G 演进，在建网路径和建设节奏上可以分成如下三步走，直到平滑演进到 5G 完全覆盖的室内网络。

a. 首先是当前阶段的室内网络 5G 化

室内网络 5G 化应具备一些典型特征，比如，移动用户峰值速率达到 Gbps 水平、流量密度达到 Mbps/m² 水平、天线头端有源化、运维可视化、网络传输光纤化，以及具备增值业务能力。让当前网络具备向 5G 无缝演进的能力，是保护运营商投资和满足新业务需求的最佳办法。

室内网络 5G 化逐步培育室内场景的 5G 业务用户习惯，加速全行业数字化转型升级，提前投资未来网络和业务，使移动用户和运营商多方受益。室内网络 5G 化不断提升室内网络基础设施的性能，面向 5G 演进提前做好网络快速向 5G 过渡和升级换代的准备。

b. 其次是 5G 部署初期阶段，LTE 网络和 5G NR 融合组网

5G 室内网络部署需要时间。在 5G 部署早期阶段，5G NR 网络快速叠加在 LTE 网络上首先点状覆盖用户密集的大容量场景，然后逐步形成片状和全区域 5G NR 信号覆盖。可以预见在 5G 完全覆盖前的很长一段时间内，目前投资的 LTE 数字化室分网络会成为全区域的基础覆盖网络，较好的 LTE 网络性能可以更好地保障室内外用户体验一致性。与此同时，5G 终端的普及也是一个逐步增长的过程，在 5G 终端渗透率达到 100% 之前，目前投资的数字化室分网络可以持续地服务 4G 存量移动用户，从而通过 LTE 网络和 5G NR 融合组网为移动用户提供无缝的移动体验。

c. 最后是 5G 终端完全普及的时候，全网络升级成 5G NR 室内网络

以数字化架构为基础，当 5G 终端完全普及的时候，室内网络可以快速地全区域升级成 5G NR 室内网络，前期部署的既有数字化室分网络资源可以极大地被重复利用和平滑向 5G 演进，从而有效保护室分网络投资，减少浪费。



4.3. 各种室内覆盖技术面向 5G 演进的能力对比

表 3 列举了主要室内覆盖技术面向 5G 演进的能力对比。

表 3: 室内覆盖技术面向 5G 演进的能力对比

Solution	Outdoor-to-Indoor	Wi-Fi	Traditional Indoor	Digital Indoor
Business growth	X	X	√	√
Network capacity	X	√	X	√
Indoor coverage	X	X	√	√
Smart O&M	√	X	X	√
Value-added services	√	√	X	√
Evolution friendliness	√	√	X	√
Investment return	√	√	X	√

传统 2G/3G 移动通信网络工作在低频段，通过室外低频信号打室内，提供普通 2G/3G 室内区域覆盖也是行之有效的办法。4G 时代，室外信号能够覆盖部分室内区域，因此室内场景深度覆盖需要部署专门的室分网络。伴随 5G 业务对大带宽的要求，5G 网络部署在 C-band 甚至毫米波频段，室外信号打室内进行深度覆盖变得非常困难，不能满足网络在业务、容量和覆盖方面的要求。

Wi-Fi 仍会在私有、静态小范围室内场景被大量使用，在诸如家庭、居民区广泛部署。但是 Wi-Fi 技术在抗干扰、移动性、协同组网、网络时延保障和运营维护方面存在天然的缺陷，面向 5G 演进不能满足移动业务 QoS 方面的要求，只能被使用在单点高速率数据业务场景。

对于大量公共室内场景，传统室分和新型数字化室分是运营商室内建网的主要考虑方向。传统室分网络利用起源于 2G/3G 时代，主要解决室内信号

弱覆盖问题，但是面向 5G 业务，传统室分网络的改造成本高、容量不能大规模扩张、运维不能可视化和智能化、不能满足对 LBS 高精度定位等增值业务的需求，从而不能很好地面向 5G 平滑演进。

当前主流通信厂家已纷纷研究并推出了新型数字化室分系统，以华为 LampSite，爱立信 Radio dot，诺基亚 FlexiZone 为典型代表，这类数字化室分系统能为 MBB 用户提供最佳的业务体验，帮助运营商提供业务能力开放平台和物联网连接能力，并持续降低安装和运营维护成本，从而为运营商提供有竞争力的、面向未来演进的室分网络，是目前面向 5G 演进最佳的室内网络解决方案。

面对室内场景当前和未来 5G 时代的系列挑战，技术和解决方案在持续创新，运营商和系统设备供应商也在不断寻求在多维度网络性能指标的最佳平衡点，寻找最佳的室内网络解决方案。

4.4. 新型数字化室分系统具备哪些特征

新型数字化室分网络具备如下特征：天线头端有源化、传输网线 / 光纤化、运维可视化、业务多元化。这些特征正好满足了室内网络 5G 化的要求。

a. 天线头端有源化

为了满足 5G 室内网络支撑 eMBB 业务 20Gbps 体验峰值速率和 10Mbps/m² 流量密度的要求，5G 室内网络需要至少 100MHz 甚至更大的网络带宽，同时能够支持 MIMO 规模部署提升网络频谱效率，这就要求 5G 网络能够支持 C-band 和毫米波等高频段和 MIMO，同时通过小区动态分裂、多载波聚合和高阶调制等技术，灵活满足网络流量在区域和时间分布上的潮汐现象需求，达到人均 100Mbps 以上的个体用户体验水平。无源天线难以满足上述要求，5G 室内网络需要部署有源化射频头端，支持端到端高低频组网，支持大规模 MIMO。

图 6: 室内天线头端有源化



Passive

Active

b. 传输网线 / 光纤化

面向 5G 演进，室内网络架构需要具备快速引入 5G NR 的演进能力，通过快速叠加 5G NR 模块使能 5G 移动新业务，在一段时间内形成 LTE 和 5G NR 融合组网提供类似 5G 网络的极致体验服务。但是，传统的射频电缆和室分耦合器件不支持 5G NR 新频

段，比如 C-band 和 MM 毫米波段，需要重新部署，而在室内全部重新部署新的射频电缆成本很高，有些地方甚至没有空间，已无法部署。因此，运营商需要从现在开始，在室内部署大带宽、轻量化的传输，如网线，光纤等，以代替笨重的射频电缆，避免将来重复投资。

图 7: 射频电缆与网线光纤



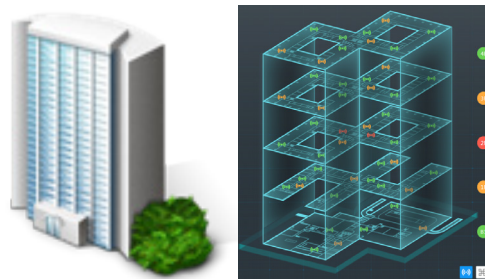
Feeder

Digital

c. 运维可视化

和传统室外网络不同，室分网络设备的进场部署需要与物业主协调、安装和调试过程复杂，进场维护的成本很高。因此网络的快速部署和可视化运营维护成为 5G 室内网络的基本要求。可视运维的室内网络能够实时监测室分网络海量头端和其他网元设备的工作状态，利用先进的 Mobile AI 技术自动根据周边信道条件和用户密度自优化网络资源分配，在网络出现故障时自动诊断和愈合，最大化减少人工介入以降低运维成本，从而大大节省运营商的 OPEX，保护客户网络投资。

图 8: 可视化运维效率更高



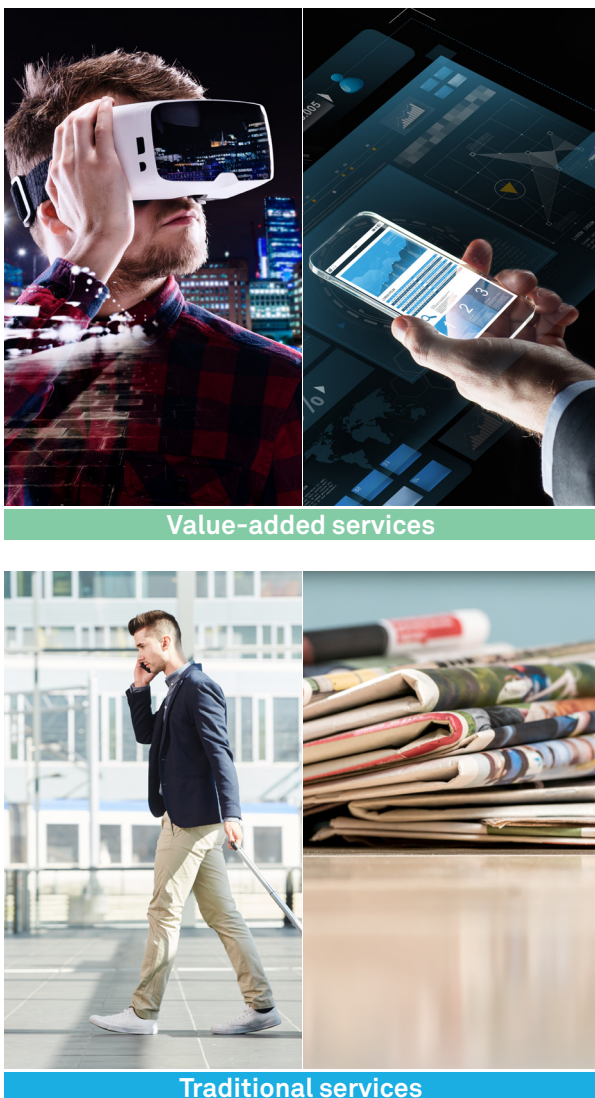
Inorganic

Organic

d. 业务多元化

随着移动互联网和无线通信技术的发展，人们对业务的需求已不再是简单的语音和短信服务，高清视频、无线 VR/AR，室内精准定位、导航、大数据分析等新业务将是发展趋势，室内移动网络需要具备提供这些多元化业务的能力。以室内精准位置定位为例，传统的 DAS 小区级定位范围是 50 米到 100 米范围，而数字化室分系统的定位精度为 5-7 米，甚至更高，同时还可以对外开放接口，成为各种第三方移动业务（包括位置服务 LBS 业务）应用开发的平台。

Figure 9 Diversifying telecom services in the new era



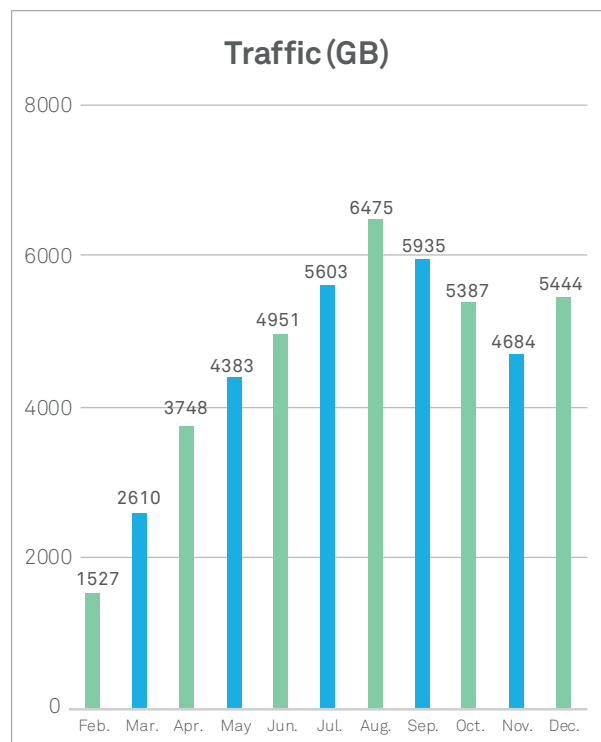
4.5. 新型数字化室分满足室内网络 5G 演进的各种需要

面向 5G 演进，新型数字化室分系统能满足：业务增长，容量扩充，无缝覆盖，可视化运维，增值业务，5G 演进，投资保护等各方面的需求。

» 4.5.1. 传统室分压抑流量，数字化室分释放并满足业务增长的需求

传统室分网络功能上主要解决网络信号覆盖问题，在系统容量方面能力不足。以目前广泛部署的传统室分网络为例，超过 90% 的传统室分网络仍然是 SISO 系统，从而导致传统室分网络很难满足 CAGR 接近 50% 的快速增长的数据流量需求，尤其是室内场景移动宽带数据业务流量受到广泛压抑。如图 10 所示，以某机场的实际业务流量为例，用室内数字化室分替换传统 DAS 系统以后，被压抑的数据流量得到大幅释放，平均流量增长为原来的 3-4 倍。

Figure 10 Sharp traffic increase in an airport after the indoor digital network is deployed



新型数字化室分网络在传输上通过数字化网线或者光纤，能够通过支持 MIMO 和小区分裂等方式灵活动态调整网络容量，根据网络周边用户流量使用需求灵活适配网络资源，完全释放流量需求并满足业务需要。据统计，当前部署的 LTE 新型数字化室分网络，其单位面积流量是传统 DAS 室分网络的 4-10 倍，DOU 是传统 DAS 室分网络的 5-8 倍。

» 4.5.2. 传统室分容量受限，数字化室分易于 MIMO 多通道演进

传统室分网络通过射频馈线传输模拟射频信号，每路天线需要单独的射频信号传输馈线链路对应，因此在支持 MIMO 多天线技术的时候必须部署多路并行传输的射频馈线链路。这样的限制导致传统室分网络进行 MIMO 多天线扩容时必须再次部署和添加新的射频馈线链路，在工程施工和部署成本上线性增长。同时面向 5G 演进，传统时分系统射频馈线对高频段信号损耗大幅增加（比如在 3.5GHz 的无线信号通过 7/8" 射频馈线的传输损耗达到 8dB/100m，1/2" 射频馈线的传输损耗更是达到 15dB/100m），导致传统室分系统覆盖半径和网络性能大幅下降。综上所述，传统室分网络扩容困难，容量受限。

数字化室分采用网线或者光纤传输全数字信号，对高频段数字信号不敏感无衰减，能够在原有传输线缆上完成 MIMO 扩容，易于 MIMO 多通道演进。数字化室分网络对 MIMO 无改动支持的优势使得其扩容灵活方便，网络容量升级的成本较低。

» 4.5.3. 数字化室分易安装，可视化运维

传统室分网络需要部署射频馈线、功分器、合路器、天线头端等多个设备，施工复杂、工程难度大。然而，新型数字化室分网络只需要部署有源天线头端设备，使用数字化网线或者带电光缆同时作为传输介质和供电线路，安装非常便利，能够快速部署。

数字化室内网络克服了传统模拟室分网络无源头端故障不可以实时监测的问题，能够实时诊断室分网络海量头端和其他网元设备的工作状态，实现运营维护可视化。数字化室分网络还能够自动根据周边信道条件和用户密度自优化网络资源分配，在网络出现故障时自动诊断和愈合，最大化减少人工介入以降低运维成本，从而大大节省运营商的 OPEX，保护客户网络投资。



» 4.5.4. 数字化室分使能丰富的增值业务

数字化室分网络具备开放性，使能丰富多样的增值业务，比如当前的室内数字化网络能够在高精度定位增值业务（Location Based Service, LBS）方面达到 5-7 米定位精度，未来的 5G 数字化网络能够有效地提升定位精度达到亚厘米级水平。面向 5G 业务演进，高精度定位能力会成为网络的基础能力，大量当前不能满足的物联网 LBS 应用将逐渐变成现实，在交通枢纽、大型场馆、展会、特定老幼人群、医院、校园和公共场所等规模应用。

» 4.5.5. 数字化室分易于演进

数字化室分头端有源化，传输网线 / 光纤化，架构支持 5G 演进。当前预埋 Cat6A 网线，未来可做到线缆不动，点位不动，快速叠加 NR。确保二次改造工程量最低，保障工程可实施落地。

» 4.5.6. 数字化室分能更好的保护投资

数字化室分系统具备 MIMO 网络能力，并可通过软件配置实现虚拟 4*4 MIMO 网络升级，基于这

样的网络，运营商可以制定分阶段演进计划，一次进站后只需分段升级和扩容，减少重复投资，同时保持了用户在室内和室外都有良好的体验。特别是在 5G 建设时可做到线缆不动，点位不动，快速叠加 NR。而传统 DAS 因高频引入带来大量 RRU 信源增加、更换现有无源器件和工程改造导致，成本也相应大幅增加。

4.6. 小结

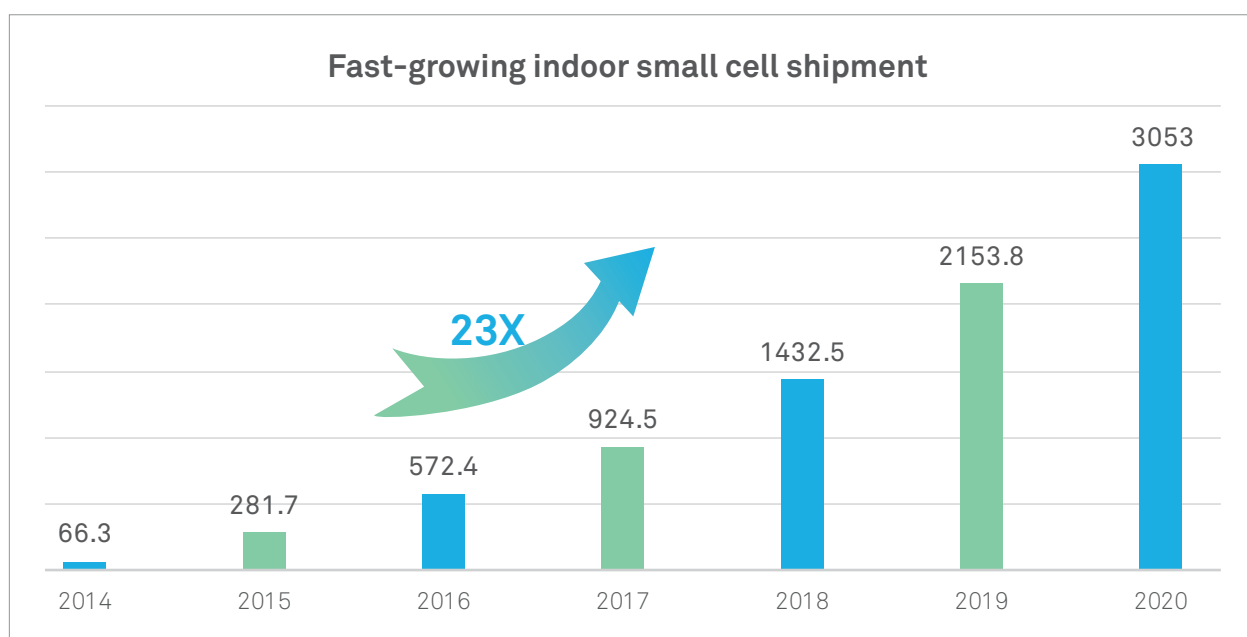
面向室内网络的演进，运营商应该从当前的网络开始 5G 化部署，由于数字化室分网络具备明显的特征：天线头端有源化、传输网线 / 光纤化、运维可视化、业务多元化。因此，它是未来室内网络演进的最佳方案，能跟随标准，有效满足网络从 4G 到 4.5G、5G 各阶段的容量、体验、运维、业务等需求，同时最大程度保护运营商的投资。我们认为，新型数字化室分是面向 5G 演进的必然选择。



加速 5G 数字化小站技术创新，强化产业链合作

如图 11 所示，近年来，室内数字化产品的全球销售量逐年增加并呈现出快速增长的势头，其性能和价值已得到大多数运营商的认可，产业界越来越重视数字化室分的技术创新，各主流设备厂商和传统 DAS 厂商也在集体转型，大力发展室内数字化方案，数字化正逐步成为运营商的室内建网标准，在这个关键阶段，加强产业合作无疑会加速整个室内数字化行业的发展。

图 11: 2020 年全球室内数字化小基站发货预测



5.1. 数字化室分最新技术创新

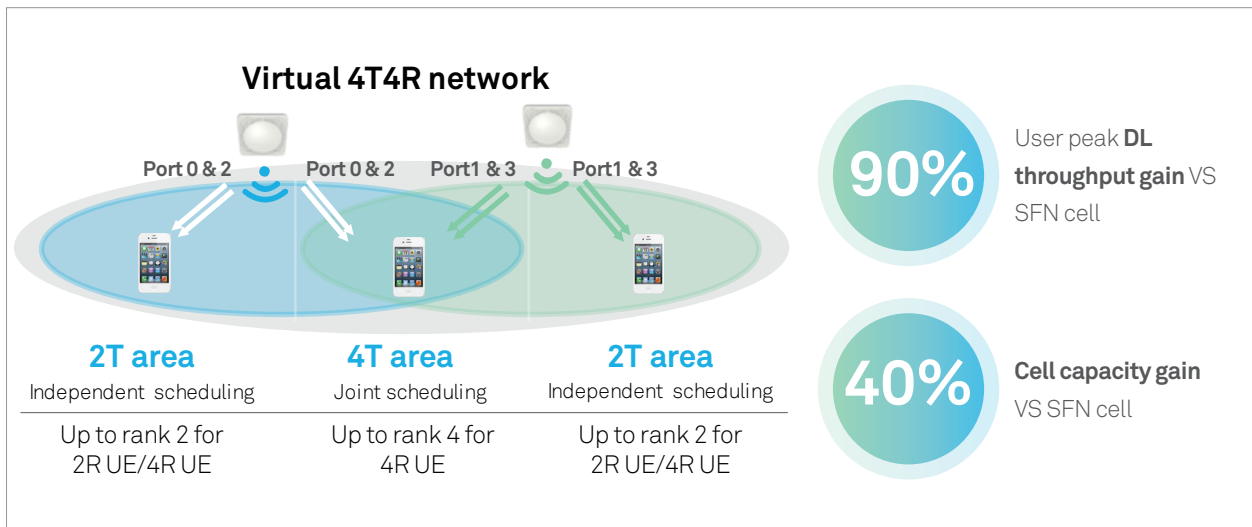
越来越多的新技术被应用在小基站上面，以帮助运营商节约投资，提升用户体验，提供更好的室内和热点覆盖，比如：nTnR 技术提升用户体验，小区分裂，非授权频谱的应用，多运营商共享，通过移动边缘计算提供增值业务等。

» 5.1.1. nTnR

基于数字化技术的 nTnR 网络能给用户带来极致高速体验，虽然当前大多数运营商的室内建网还是以 2T2R 为主，但用户的体验需求越来越高，通过技术创新，运营商可以在不增加新增硬件成本的条件下，利用两个 2T2R pRRU 覆盖的交叠区组成一个 4T4R 的虚拟网络，从而为用户带来成倍提升的高速体验。采用 V4T4R 技术，可以有效提升用户速率，增加小区容量，降低小区间的干扰。

目前 V4T4R 技术已经成功商用，随着网络和业务需求的增加，室内数字化室分还可以向 V8T8R 演进。

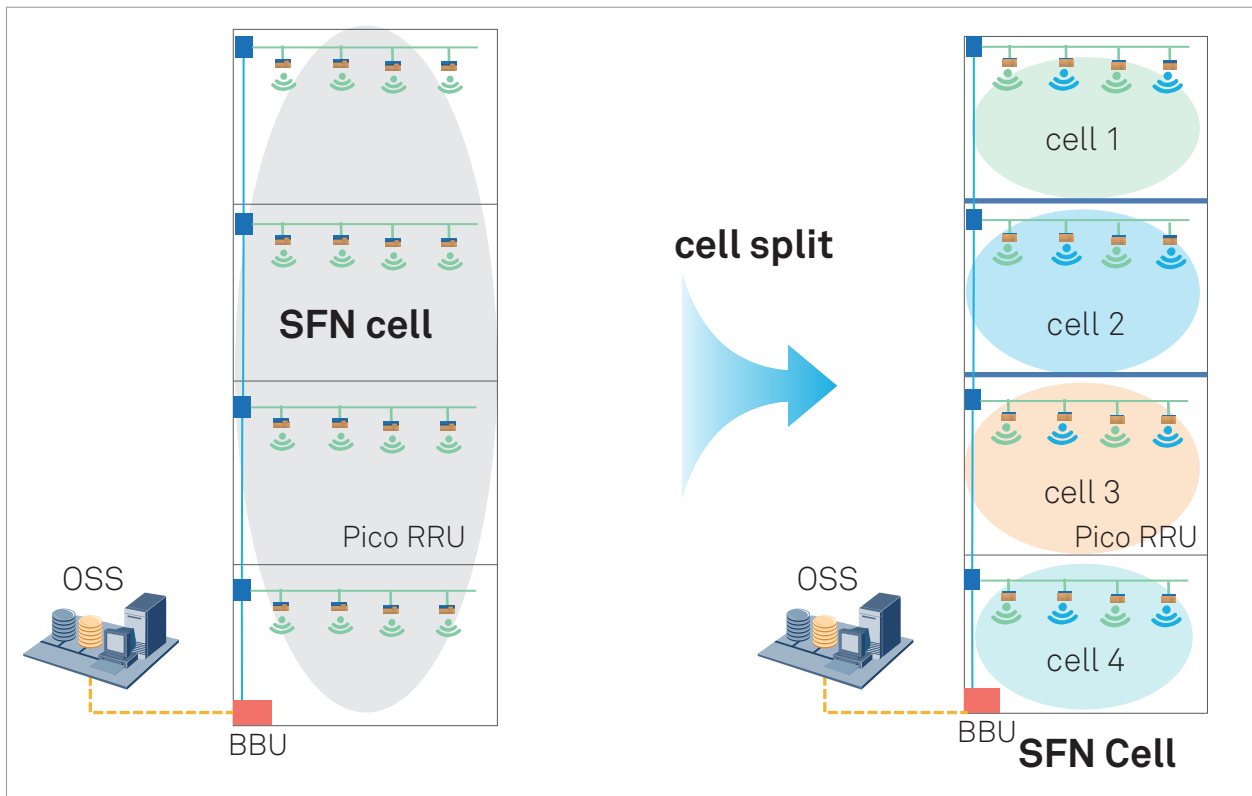
图 12: V4T4R 有效提升用户速率, 增加室内网络容量



» 5.1.2. 小区分裂

运营商经常会面临在同一场景下不同时段不同的容量需求, 如果进行密集部署, 反而会带来投资浪费, 干扰加重等问题, 如果采用基于数字化的小区分裂技术, 可以根据用户活动习惯自适应调整小区数量, 以适应不同大小的容量需求, 做到精准覆盖, 有效覆盖。一个典型的例子是食堂, 我们可以在工作时间减少小区数量, 节约 CAPEX, 减少干扰, 在吃饭时间进行小区分裂, 增大系统容量, 满足大数据流量的需求。

图 13: 小区分裂减少运营商运维成本, 自适应室内网络容量的需求



» 5.1.3. 非授权频谱应用

非授权频谱的资源十分丰富，同时，3GPP R13 协议 LAA 标准已经在 2016 年 3 月冻结，支持非授权技术的商用芯片也在 2016 年正式发布，为有效提升网络容量和用户速率，越来越多运营商、通信设备商和终端芯片厂商正在研究 LAA，LWA，MultiFire 等非授权频谱技术，推动商用。

作为最适合运营商在室内部署的技术，LAA 通过载波聚合技术把非授权小区和授权频谱小区进行集成，共同为终端服务，一方面授权频谱小区可以保障用户的移动性、业务连续性以及重要信令传输，另一方面，当 LAA 小区在非授权频谱上竞争到的可用资源较少时，授权频谱小区可以给用户继续提供有保障的服务。

同时，在相同情况下，LAA 相较于 Wi-Fi 更具有优势，能提供更高的频谱效率和更好的覆盖。实测证明，LAA 和 Wi-Fi 也可以友好共存，甚至其友好性高于 Wi-Fi 本身。

» 5.1.4. 多运营商共享

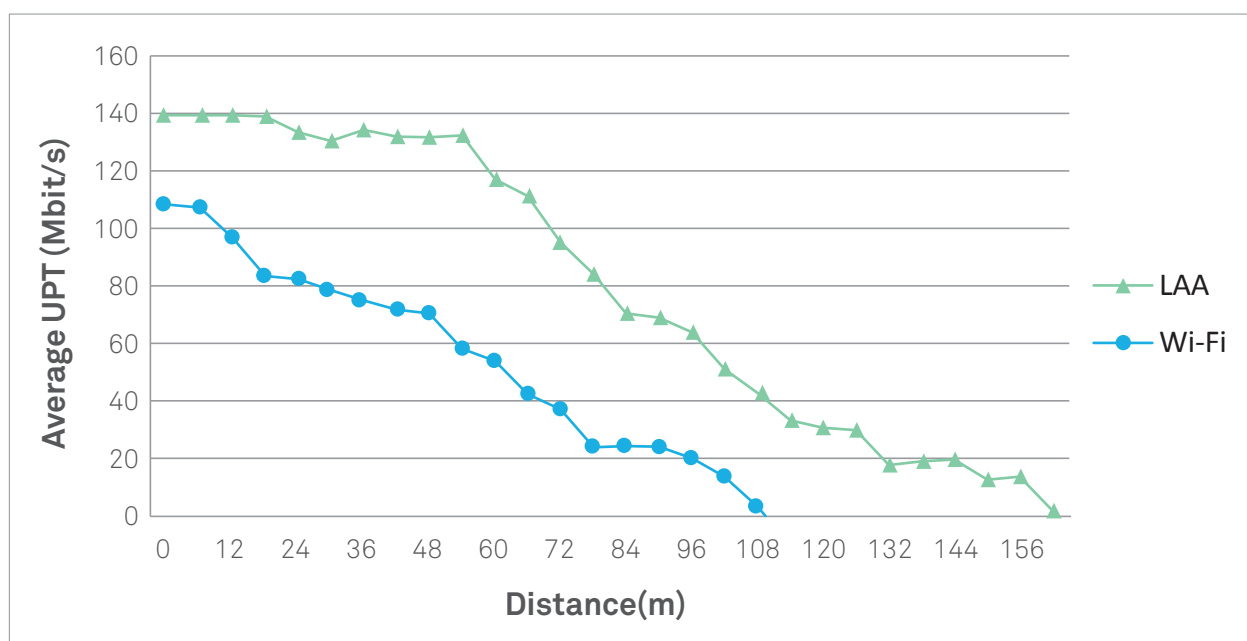
室内多运营商共享技术可以帮助运营商在建设高性能数字化网络的同时，获得更好的 ROI，共享投资成本，同时，站点共享还缓解了站址资源短缺的问题，降低物业协调难度和维护成本，所以多运营商共享正逐渐成为室内网络建设的一个重要特性。

华为，爱立信等主流厂家先后推出了室内数字化多运营商共享解决方案，依赖于强大的全带宽能力，满足运营商超高速室内移动宽带建网和多运营商共建共享等多种需求。目前，多运营商共享主要由两种模式，运营商投资建设模式和第三方建设模式。

» 5.1.5. MEC 提供增值业务

MBB 时代，精准定位、即时通讯、电子商务、移动支付等越来越多的互联网应用已经大范围普及，视频业务逐步由高清向超清演进，在不远的未来，移动用户可以通过增强现实、虚拟现实、超清视频、移动云等技术获得更加身临其境的极致业务体验，而这些业务将主要发生在室内。

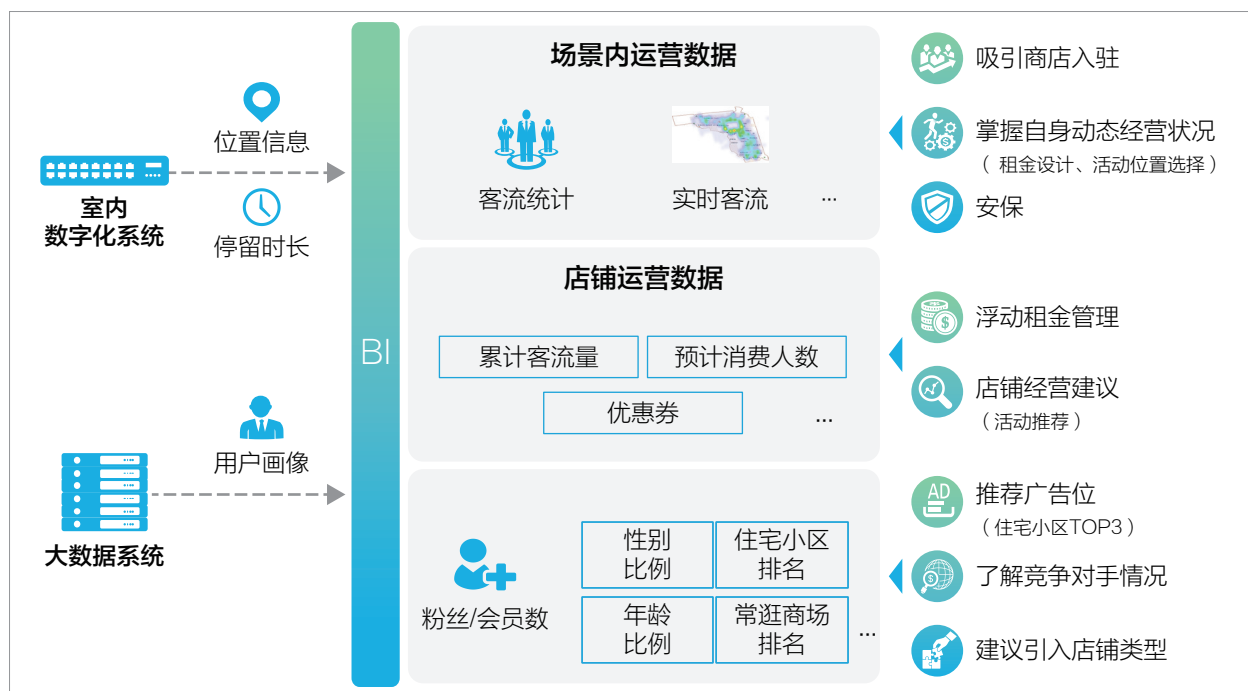
图 14: LAA 相比 Wi-Fi 更有优势



新型数字化室分能够基于移动边缘计算 MEC 技术，构建具备开放、弹性、协作能力的平台，和互联网应用连接在一起，为用户提供增值业务。比

如说，利用数字化室分系统较高的移动定位精度能力，进行用户画像，提供如客流统计、室内导航、安保应急、精准推送，精准营销等增值业务。

图 15: 数字化室分利用 MEC 网络提升网络增值能力



5.2. 主流厂家集体转型，构建室内数字化新生态

面对数字化室分的必然发展趋势，传统宏厂家纷纷推出类似数字化方案：华为首创了业界首款数字化架构室分系统 LampSite；爱立信推出了 Radio Dot 方案，并演进支持共建共享；ZTE 推出了 Qcell 方案；NOKIA 推出了 Flexi Zone Pico 小基站；思科，Baicells，SpiderCloud 也在大力跟进。

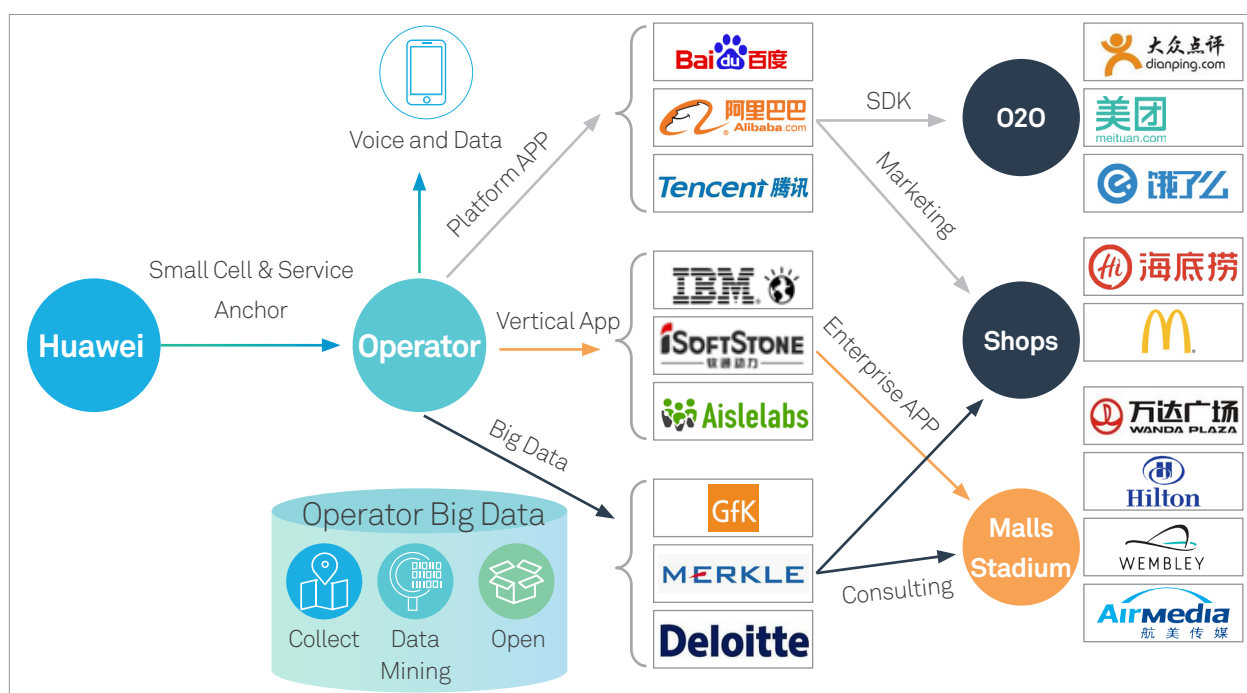
同时，传统室分厂家也集体走向有源化，信源化，向数字化转型：京信推出了 iCell 方案；CommScope 推出了 ION-E 方案。

5.3. OTT 厂家加入室内数字化产业，为用户提供更多业务与应用

当前，以大数据、云计算、物联网、工业互联网、AI 等为代表的产业正在迅猛发展，这些产业都离不开强大的移动通信网络，而只有采用数字化技术的移动通信网络才能为这些产业的发展提供高速率、大容量、高可靠、低时延、精准定位、连续覆盖的数字移动通信网络。

5G 时代，移动通信运营商也需要向互联网运营转型，进入企业市场。采用室内数字化覆盖技术，运营商将能够与企业、各行业的 OTT 业务提供商合作，为他们提供大数据，精准位置等信息，以开发出更多的互联网应用业务，服务大众，企业用户与 OTT 厂家的加入也将使室内数字化产业链更加健壮，发展更加快速。

Figure 16 Business model of operator smart apps



5.4. 数字化正逐步成为运营商室内建网新标准

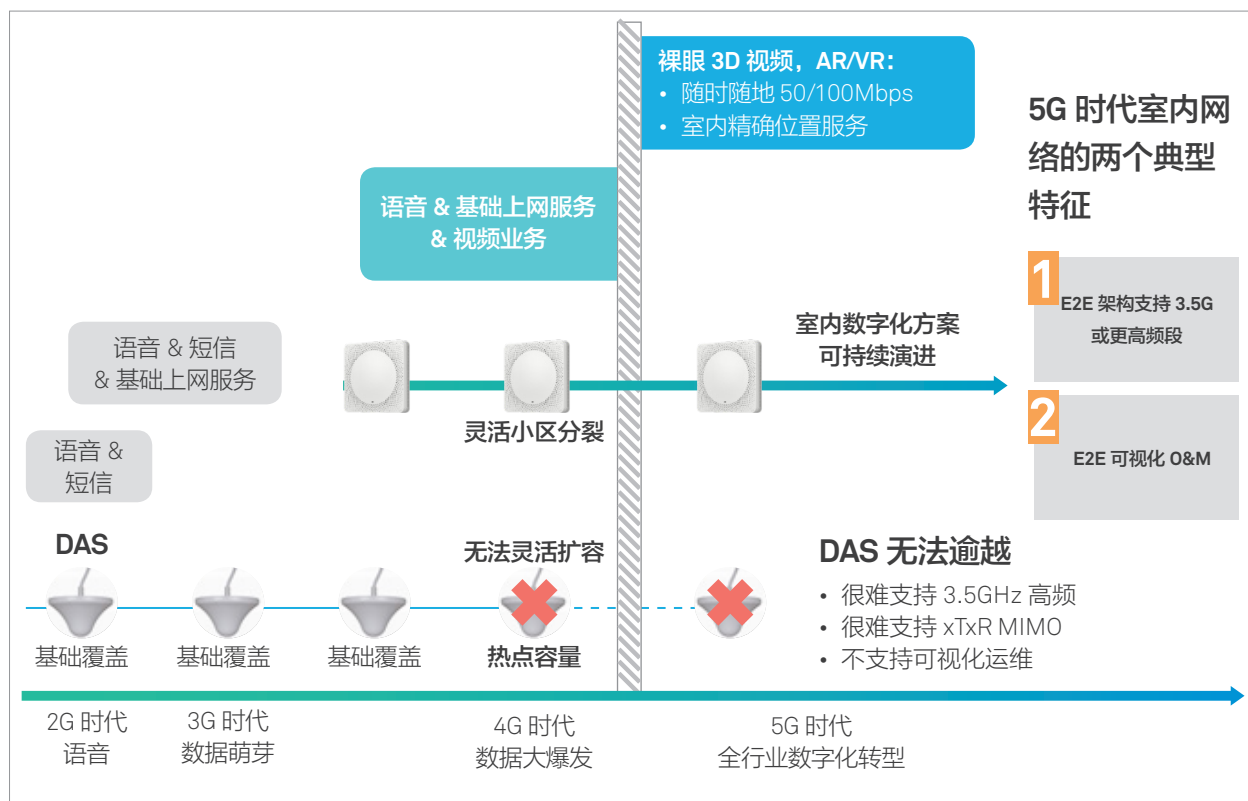
运营商要保持竞争优势、确保用户感知，必须要在深度覆盖上保持领先，而深度覆盖的核心在于室内覆盖。

当前的室内覆盖方案：传统室分系统开始于 2G/3G 时代，主要提供语音业务和基本上网业务，并成为 2G/3G 时代室内建网标准，一直到 4G 时代，智能手机的出现，带来了大量数据流量需求，高清、超清的视频需求，人均 DOU 也越来越高，特别在 4.5G 和 5G 来临之际，单用户随时随地数据需求量可达到

50Mbps/100Mbps，人均 DOU 甚至会达到 10GB 以上，传统室分由于自身网络架构的局限，在容量，业务，演进等几方面都很难满足新的需求，因此，数字化室分顺应时代的发展，正逐步成为运营商新的室内建网标准。

越来越多的运营商已经认识到传统室分所面临的困境，因而把室内数字化室分纳入其无线建网指导标准中，他们认为室内数字化是 5G 网络最可能的一种室内覆盖方案，而因为采用光纤、网线等传输介质以及有源设备代替大量的馈线、无源器件，传输损耗相对降低，干扰也相对较低。

图 17: 传统室分正向数字化室分方向演进



5.5. 小结

随着 4.5G, 5G 时代的来临，室内网络容量正在爆发，用户体验的需求越来越高，网络演进需求越来越急迫，运营商，电信厂家，业务提供商都意识到只有室内数字化技术才能满足未来的移动通信需求，室内数字化产业正在走向成熟。

总结

从业务分布来看，移动数据业务主要发生在室内；

从业务需求看，随时随地 100Mbps 是室内 5G 业务的普遍需求；

从频谱应用来看，C-Band 及更高频难以通过室外打室内实现 5G 普遍深度覆盖；

从网络架构来看：当前部署的网络架构应能支持未来 5G 网络演进；

从运维来看，覆盖可视、干扰可视、话务可视，能大幅提升运维效率；

从业务多元化来看，基于室内精准位置 LBS 的业务存在巨大的市场空间；

从产业发展趋势来看，各运营商、主流设备厂家、集成交付厂家、OTT 厂家，都已经开始创新室内数字化技术，开始数字化的转型；

由于数字化室分具备：天线头端有源化、传输网线 / 光纤化、运维可视化、业务多元化等明显的特征因素，而传统的 DAS 非数字化网络架构已越来越不适应未来的发展需求，无法支持 5G 高频和多 T 多 R，因此，面向 5G 演进，建议立足当前的网络，全面采用室内数字化方案，夯实 4G 体验，提前预埋 5G 演进能力，在 5G 时代来临之际，构建领先的室内移动网络。





GSA Secretariat

邮箱: info@gsacom.com

电话: +44 (0) 1279 439 667

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: (0755) 28780808

邮编: 518129

www.huawei.com