



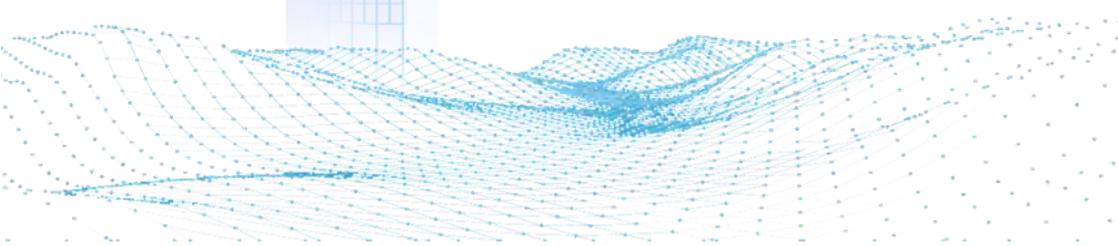
开启 F5G 全光时代 智联城市未来

全光智慧城市白皮书



国家信息中心

2020 年 11 月



目 录

前 言	1
一、迈入新阶段	1
(一) 智慧城市发展内涵	1
(二) 智慧城市发展趋势	2
二、开启新时代	5
(一) F5G 的演进与发展	5
(二) F5G 的关键特征	9
(三) F5G 全光智慧城市	10
(四) F5G 业务能力评价	12
三、构建新生态	15
(一) F5G+数字政府	15
(二) F5G+数字医疗	17
(三) F5G+数字金融	18
(四) F5G+企业上云	19
(五) F5G+智慧教育	21
(六) F5G+视频直播	22
(七) F5G+平安城市	23
(八) F5G 商业模式	23
四、展望新愿景	25

前 言

智慧城市是新一轮科技革命和产业变革交互融合的产物，是以数字技术创新为核心驱动力，以现代信息网络为重要载体，深度融入经济社会各领域的现代城市发展模式，是城市的重构与升华。建设智慧城市有效助力网络强国、数字中国、智慧社会、新基建等国家战略的实施，代表了当今世界现代城市发展的新理念、新趋势和新路径。

新一代网络信息技术不断创新突破，数字化、网络化、智能化深入发展，赋予了智慧城市新的生命和灵魂。“宽带中国”战略的实施，使光纤宽带网络进入全面优化提速阶段，网络接入能力和城域网传输交换能力大幅提升。“光网城市”的建设，完成了接入、城域、骨干网络的全面光纤化，进一步使光纤宽带网络延伸到农村地区，扩大了网络覆盖的深度与广度。F5G（第五代固定网络）凭借超宽的终端连接能力和网络承载能力，构建全场景、全域、全生命周期的智能化网络，实现了通信基础网络质的飞跃。“通信管道”网络开始向“开放融合网络资源平台”的方向演进，网络变得更加智能，拥有生命力，智能联接的网络更加智能化的支撑上层业务的实现，赋能智慧城市建设，助力千行百业的数字化转型，为数字经济发展注入源源动力，为智慧城市建设带来无限可能。

本报告结合智慧城市建设需求和全光网络发展趋势，提出全光智慧城市发展理念。在阐述 F5G 技术演进与技术优势、全光基础设施部署升级的基础上，提出以高质量联接构筑城市智慧，推

动基于 F5G 的智慧城市创新应用场景。本报告旨在为全光智慧城市建设提供经验借鉴和有益参考，并以全光智慧城市建设推动城市经济社会高质量发展。

一、迈入新阶段

（一）智慧城市发展内涵

智慧城市是实现新技术应用和应对城市发展新挑战的必然选择，本质是用前沿技术手段赋能现代城市，重塑城市发展模式。智慧城市作为数字中国、网络强国、智慧社会、新型基础设施建设等国家战略实施的重要载体，引领着我国城市发展的新方向。

我国智慧城市发展经历了三大阶段：

第一阶段是技术驱动阶段。智慧城市概念于 2008 年底提出，随后引起国际上的广泛关注，并引发了全球智慧城市的发展热潮。这一阶段更多强调从技术本身解决城市的信息化问题。

第二阶段是业务驱动阶段。信息技术和城市发展深度融合，催生了智慧交通、智慧医疗、智慧健康、智慧养老等多领域应用场景，同时大数据、人工智能、物联网、云计算等前沿信息技术产业也实现了蓬勃发展。

第三阶段是场景驱动阶段。强调“以人为本”，让城市变得“会思考”。以“城市大脑”、“数字孪生”为核心的城市各领域智慧应用全面深化，应用场景更加丰富、智能、生动。这一阶段更加注重“联接+平台+数据+运营”，实现城市资源的价值最大化，提升城市品质，赋能城市经济高质量发展。

从智慧城市的发展形态看，新一代信息通信技术的发展，使整个社会结构发生了深刻的变化。人工智能成为新的生产力，区块链成为新的生产关系，大数据成为生产资料和生产要素，云计算成为新的生产工具，物联网、互联网、通信网络成为社会的自

然环境，软件、算法正在重新定义生产方式，为城市发展开拓了无限想象的空间。信息时代有了新规则，智慧城市也显现出融合化、协同化和创新化的特征。以网络更好地连接智慧城市的服务、连接百姓、连接企业，成为智慧城市发展的新能力。智慧城市系统的能力建设，也将从过去条线型的纵向垂直系统转向以城市为载体的横向融通系统，打破城市范围内的信息孤岛和数据分割，打造全程全时、全模式全响应、“牵一发而动全身”的“敏态”智慧系统，城市也将从二元空间转向三元、甚至多元空间，人类社会将变成一个数字化的智能社会、虚实融合的社会、线上线下相结合的更加智慧的社会。

（二）智慧城市发展趋势

智慧城市是一个典型的复杂自适应系统，它有多元化的组成部分——人、物体、活动，以及不同的时间尺度和空间尺度，并且具有自我调节的能力。城市内部由政务、金融、医疗、教育、交通等子系统组成，新需求的不断涌现拓展了技术发展新空间。参照马斯洛的人类需求模型，从智慧城市发展的角度看，城市的智慧化转型需求从低到高，分为五个层次：

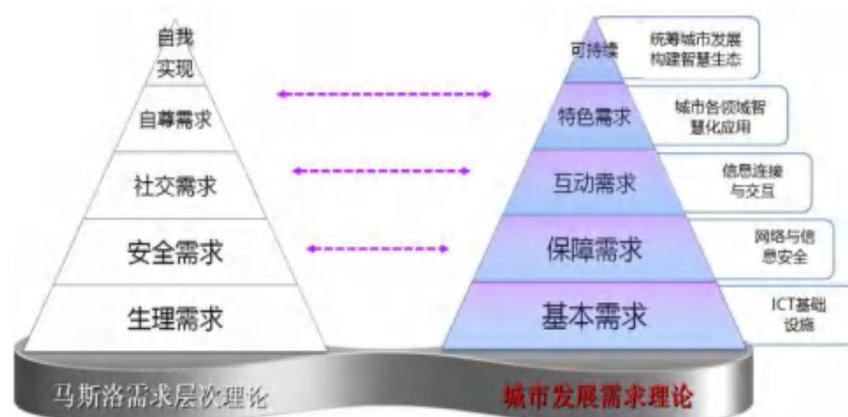


图 1 智慧城市发展需求

第一层是基本需求，即城市 ICT 基础设施。光纤宽带网络是构建城市智能联接，保障数据以最低的时延、最高的可靠进行传输，实现信息融合和共享的关键基础，也是智慧城市发展的重要保障。

第二层是保障需求，即城市网络与信息安全。网络可靠传输、信息数据安全交换、信息系统鲁棒稳定等为智慧城市提供安全保障。

第三层是互动需求，即信息连接与交互。智慧城市的发展需要无处不在的联接，既包括物理世界也包括网络世界，这是智慧城市可发展的前提。

第四层是特色需求，即城市各领域智慧化应用。不同城市结合资源禀赋、文化内涵、地理区位发展具有城市特色的智慧应用。

第五层是可持续需求，即构建城市发展生态。智慧城市需要通过集中管理促进多个复杂系统将城市各类资源和能力共享出来，逐渐形成更加广泛的创新应用，构建智慧城市可持续发展的生态。

在国家政策红利和技术创新红利的双重驱动下，我国智慧城市建设蓬勃发展，不断涌现出各类智慧化的创新应用。未来，智慧城市迫切需要一种更智能的联接，联接不仅需要智能化，智能本身也需要联接化，联接未来所有的智能场景，逐步将智慧城市建成高智慧、可决策、有温度的生命有机体。

——**智能联接化**。人类社会的发展逐渐从“无连接”、“弱连接”，走向了今天的“智能连接”，当城市的基础设施体系逐渐完成数字化改造之后，连接的数量不再局限于世界人口总数，而是

远大于世间万物。连接的对象正在进一步的延伸，过去 Internet 主要连接的是计算机网络，演变成现在人的网络、物的网络、机器的网络，构成了一个网络无处不在的社会。一张智能联接的全光网络，将智能化技术与联接技术进行深度融合，连接着城市中的每个人、每个家庭、每个组织，实现“光联万物”。

——**联接智能化**。根据 GSMA 的预测，到 2025 年，全球网络互联设备将达到 250 亿台。面对如此巨大的连接规模，连接的品质和特征也发生了深刻的变化，正如碳原子的不同排列组合可以变成金刚石，也可以变成石墨一样，其本质的区别在原子的连接不同，把过去社会的品质和重要特征进行了升华。智慧城市通过一个逆向的过程把各个行业、各个系统中孤立分散的数据汇聚起来，通过释放沉默的“哑资源”和更高品质的联接，支撑城市数据的融合，实现城市智能化能力的提升。

二、开启新时代

越来越多的科技新元素融入城市建设，新技术正在重新定义城市，重新定义社会，万物互联成为智慧城市发展趋势，F5G（第五代固定网络）将赋能智慧城市开启全光时代。

（一）F5G 的演进与发展

光纤宽带网络已经像水、电、燃气一样成为新时期的战略性公共基础设施，其重要性不断凸显。我国光纤宽带网络经历了宽带中国、光网城市等以全光纤网络建设为特征的战略实施阶段，国家层面发挥各部门作用，持续开展网络提速降费和电信普遍服务工作，全社会合力共同推进光纤宽带网络基础设施的发展。截至 2019 年末，我国已建成全球规模最大的光纤宽带网络，固定宽带家庭普及率达到 91%，所有城市都建成了光网城市，行政村光纤通达比例超过 98%¹。三大运营商共 46 个省分公司完成了全光政企网络产品方案的发布。覆盖广泛的基础光纤宽带网络为 F5G 千兆网络的发展奠定了良好基础。

按照中央经济工作会议和《政府工作报告》“关于加强新型基础设施建设”的重大战略部署，“双 G 双提”2019 专项行动进一步推动固定宽带和移动宽带双双迈入千兆（G 比特）时代。全国各省市地方政府纷纷将建设千兆固定光纤宽带写入“新基建”发展规划。

¹ 《求是》杂志刊：中共工业和信息化部党组署名文章《坚定不移建设制造强国和网络强国》。

表 1 全国多省市地方政府“新基建”规划内容

序号	文件名称	文件内容
省级、直辖市		
1	北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022年）	“积极推进千兆固网接入网络建设，以光联万物的愿景实现‘百千万’目标，即具备用户体验过百兆，家庭接入超千兆，企业商用达万兆的网络能力。”
2	上海市推进新型基础设施建设行动方案（2020-2022年）	“高水平建设 5G 和固网‘双千兆’宽带网络”，“固定宽带网络接入能力平均达到 1000Mbps，用户感知速率平均达到 50Mbps。”
3	重庆市新型基础设施重大项目建设行动方案（2020—2022年）	“大力推进 5G 网络和千兆光纤宽带建设”，“提升千兆光纤覆盖质量和范围，打造‘双千兆’网络之城。”
4	山东省数字基础设施建设的指导意见	“全面建成高水平全光网”，“加大高速率宽带接入覆盖，持续推进‘光纤到户’。”
5	广东省信息基础设施建设三年行动计划（2018-2020年）	“全面建成高水平全光网”，“构建高速骨干光纤网络，建设千兆光网城市，推进百兆光纤进农村。”
6	湖南省信息通信基础设施能力提升行动计划（2018—2020年）	“开展光网提升行动，建设高水平全光纤网络”，“构建高速骨干光纤网络，打造千兆光网城市，建设百兆光网乡村，实施光网扶贫行动。”
7	湖北省《关于提振消费促进经济稳定增长若干措施》	“实施新一轮宽带提速工程，深入推进‘双 G 双提’行动计划。”
8	海南省信息基础设施水平巩固提升三年专项行动方案（2018-2020年）	“将光网向自然村、农垦居民小组、南海岛礁延伸，率先实现光纤宽带网络和高速移动通信网络全覆盖”
9	安徽省实施长江三角洲区域一体化发展规划纲要行动计划	“建设高速移动泛在信息网络，加大力度推进光网城市建设，提升应用基础设施建设水平。”
10	福建省新时代“数字福建·宽带工程”行动计划	“建设高水平全光网络”，“构建高速骨干光纤网络，实施千兆光网城市建设，深入实施百兆光纤进农村。”
序号	文件名称	文件内容
11	数字广西信息通信基础设施会战三年行动计划（2018—2020年）	“建设高水平全光网络，为数字广西打牢基础”，“构建高速骨干光纤网络，实施千兆光网城市建设，深入实施百兆光纤进农村。”

12	贵州省互联网新型数字设施建设专项行动方案	“加快推进‘光网贵州、满格贵州’建设”，“提升网络传输和交换能力，打造高速、稳定、安全的骨干通信网络。到 2022 年，实现‘百兆乡村、千兆城区、万兆园区’光纤覆盖格局。”
13	山西省通信基础设施建设三年行动计划（2019-2021 年）	“加强通信基础设施建设，完善新一代高速光纤宽带网络，加快建设先进移动宽带网。”
14	江西省数字经济发展三年行动计划（2020-2022 年）	“大力推进高速光纤网络等信息通信基础设施建设，实现骨干网、城域网与接入网同步扩容，增强骨干网络和省际出口承载能力，持续开展千兆光纤接入试点，引导面向重点场所优先覆盖‘双千兆’网络。”
地市级		
15	福州市推进新型基础设施建设行动方案（2020-2022 年）	“加快推进‘5G+光网’双千兆城市建设。”，“提升千兆网络入厂园、进社区、入户覆盖面。”
16	青岛市推进新型基础设施建设行动计划（2020-2022 年）	“打造‘双千兆’城市，推动移动通信网络、固定宽带网络迈入千兆时代。”
17	合肥市推进新型基础设施建设“三年行动”方案	“全面提升网络带宽，实施‘千兆入户、万兆入楼’的光纤覆盖计划。”
18	厦门市推进新型基础设施建设三年行动计划（2020-2022 年）	“优化互联网骨干网网络架构，实施千兆光网城市建设。”
19	深圳市加快推进新型基础设施建设的实施意见（2020—2025 年）	“加快建设千兆光纤网络，全面部署 10G PON 光纤接入网，到 2025 年实现千兆宽带对家庭和重点场所的基本覆盖，打造‘双千兆城市’。”
20	宁波市推进新型基础设施建设行动方案（2020-2022）	“持续推进光纤网络的宽带化智能化建设，提升网络基础设施容量和多业务承载能力，到 2022 年底城乡宽带接入能力分别达到 1500Mbps 和 800Mbps。”

2020 年，欧洲电信标准协会 F5G 行业规范组正式将以 10G PON、Wi-Fi6 为基础的千兆光纤宽带接入网络和以 200G/400G、OSU-OTN（下一代光传送网）、OXC（光交叉连接）等为基础的全光传送网络定义为 F5G。

F5G 作为新基建的重要组成部分，为信息通信业带来前所未有的前景和机遇，还将作为智能制造、智慧交通等融合基础设施

的关键支撑。中国电信、中国移动、中国联通等运营商率先行动，开展 F5G 建设，并且创新产品套餐，快速形成新型网络基础设施，促进智能应用发展、催生新经济增长点。

作为新基建和大湾区的排头兵，广东省率先建成了高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施。

广东移动提出全光底座+光网大脑，助力全业务发展。从 2018 年到 2020 年，广东移动陆续部署了 83 个 OXC 节点，构建全球最大的全光交叉网络，节点间全部实现 Mesh（无线网格网络）化连接和全光直达，网络容量提升 2.4 倍，时延降低 40%，机房空间节省了 70%。通过 2000 多个 OTN 节点的部署，构建了一张覆盖全省 21 个地市的 OTN 精智专网，对接香港、澳门的运营商及移动集团政企精品网，支撑专线快速接入，在粤港澳大湾区内打造小于 3ms 的时延圈，实现时延直观可视和策略可管理。

2020 年 10 月，广东电信完成全球首个 OTN 立体智能网络升级，形成一张覆盖粤港澳大湾区超 3000 个节点的 Mesh 化/立体化的超大规模全光网，建成“湾区超低时延全光网”，率先进入 F5G 智慧全光网时代。“湾区超低时延全光网”采用当前最高等级的 32 维 OXC 全光交叉设备，覆盖大湾区九地市，通过多路由连接实现 Mesh 化组网，构建大湾区全光城市群超低时延圈，湾区内实现 1.5ms 时延圈，三大自贸区实现 1ms 超低时延圈，深港时延更是低至 0.21ms。在湾区核心引擎深圳和广州，建设基于 OXC 和 400G 等最新技术的城域 OTN 网络，打造了具备超高安全、超高可靠、超低时延、超快开通等显著优势的深广“双子星”城市全光底座。

广东联通将全省 21 地市的网络统一建设为一张扁平化、Mesh 化的 SD - OTN 全光网络。从业务管理上将分散在全省 21 地市的网管,集中化到一套 SDN 管控平台上,将传统的分地市、分层级的分权管理网络,演变为一张端到端集约化管理、自动化调度、能力可开放的智能网络,提升网络业务发放效率和网络智能化水平,降低网络运维成本。为上层的智能化应用提供大带宽、低时延、灵活的连接能力,助力本地信息化建设与经济发展。

(二) F5G 的关键特征

欧洲电信标准协会从全光联接 (FFC)、超高带宽 (eFBB) 和极致体验 (GRE) 三个维度定义了 F5G 的国际标准,相比 4 代网络, F5G 在联接容量、带宽和用户体验三个方面均有飞跃式提升,其上下行速率高达对称 10Gbps、时延降低到微秒级、联接数提升 100 倍以上。其中, F5G 全光网通过全光接入、全光锚点、全光交换、全光自动驾驶实现用户确定性体验,打造智慧城市“光立交”。

1、“1ms”时延圈

F5G 通过全光接入、全光锚点、全光交换和全光自动驾驶,基于光纤高可靠、高性能、易部署、大容量等特性,以算力、运力的有效协同和扁平化的网络架构,实现边到云、云到云、边到边的“1ms”确定性网络时延,满足智慧城市业务的品质联接需求。同城、异城两地数据中心之间的“1ms”时延,犹如城际间“一小时交通圈”,通过全光节点的无损品质交换,实现数据中心之间的高速数据交互,政务、金融等专线用户时延敏感业务的超低时延传输。

2、确定性网络联接

基于端到端的全光网络像城市内的高速轨道交通网一样，具备架构极简、链路超宽以及经济节能的特点。全光锚点好比智慧城市运力的“地铁站”，F5G 以确定性的全光锚点布局解决接入段的不确定性，实现全光网与智慧城市业务在网络边缘侧的连接，打通了向终端用户侧延伸的“最后一公里”，保障了确定性接入和确定性时间。全光交换好比“换乘枢纽”，使传输时延从毫秒级降低到微秒级，网络“0”丢包率和 99.9999% 可靠性，实现确定的最短传输路径，最低的网络时延。全光自动驾驶通过智能化的管控调度，网络动态的实时感知，预测性的运维，使整个网络资源弹性化，支撑业务自动化、资源自动化、维护自动化，最大化提升业务体验感知。

（三）F5G 全光智慧城市

全光智慧城市是以 F5G 全光智能底座为基础，融合物联网、云计算、人工智能等信息技术，形成立体感知、全域协同、精确判断和持续进化、开放的智慧城市系统，通过智能交互、智能联接、智能中枢、智慧应用共同构筑智慧城市全场景应用。



图2 F5G 全光智慧城市

智能交互使智慧城市拥有了“五官”和“手脚”。它联通物理世界和数字世界，让软件、数据和 AI 算法在云、边、端自由流动。“城市大脑”、“一网通办”、“一网通管”等建设强化城市智能设施统筹布局和共性平台应用，核心能力是通过边云协同操作系统让各场景海量的物联网实时数据接入，尤其是大量新型基础设施的运行数据，使资源、数据、云服务、生态和 AI 协同起来，面向物、事、人就近提供交互能力，满足各级城市管理的需求，提供丰富及时的应用，让智慧城市可感知，能执行。

智能联接使智慧城市拥有了“躯干”，本质上是通过通信技术强化联接能力，联接智能中枢和智能交互。智能联接从联接人到联接物，再到联接应用、联接数据。智慧城市内外部资源与能力的有效联接，需要 5G、光纤这样的物理联接提供千兆接入，满足个性化业务的不同时延和可靠性需求，建立统筹数据、业务、技术、运营的智慧城市数字底座，使被联接的人、物、设备都可变为可相互交互的“数字物种”，实现资源与价值的有效转化，

将智慧带到城市的每一个场景，实现全场景、全触点、无缝覆盖、随身体验的“沉浸式千兆体验”。

智能中枢为智慧城市构建了“大脑”和决策系统，是海量数据的汇聚点，为数据、算力、算法和智慧应用提供足够的的能力支撑，使智慧城市海量数据和政企用户全业务全域互通，实现数据的全域共享，支撑 AI 发挥价值。智能中枢向下统接智能联接，向上驱动行业应用，强化关键共性能力整合和统一赋能，对各式各样的数据（数字、文字、图像、符号等）进行筛选、梳理、分析，并加入基于常识、行业知识及因果关联的判断，形成智能分析、决策和辅助行动，助力实现各行业的全场景智慧。

智慧应用使智慧城市更加“智慧”，是智慧城市价值的呈现，通过政府、企业和行业参与者的协同创新，加速 ICT 技术与行业知识的深度融合，共同构建智慧城市发展生态，重构体验、优化流程、使能创新，让居民的幸福感和企业生产效率更高、让行业创造力更强。

（四）F5G 业务能力评价

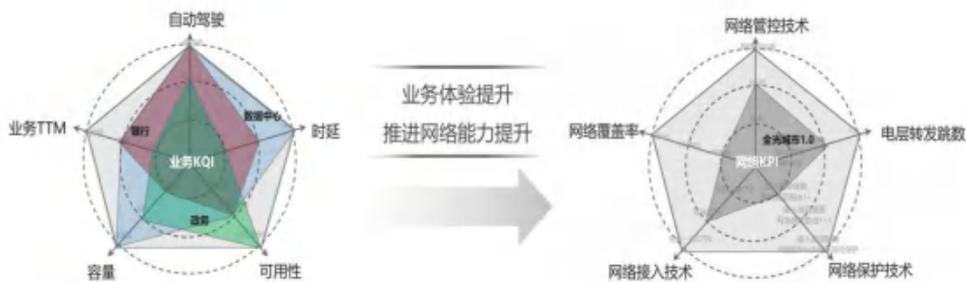


图 3 能力评估指标体系

全光智慧城市打造确定性大带宽、低时延、高可靠、快速敏捷的品质运力，从 KQI（关键质量指标）指标和网络 KPI（关键绩效指标）指标，对智慧城市各领域 F5G 业务场景网络性能和用户体验进行评估。

1、业务 KQI 指标

F5G 高效综合运力评估，面向云+网+业务场景的高品质保障服务能力，从带宽、时延、可用性、开通时间、智能调度等五大维度定义业务 KQI 指标。

时延：打造“1ms”时延圈，以云配网、以网促云，可满足智慧城市各类联接场景低时延的创新应用需求。

容量：实现“三千兆”全光接入、“T 级带宽”全光锚点，可提供端到端超高带宽的运力保障。

可用性：从“尽力而为”到“确定性体验”，实现 99.999% 高可用率，为智慧城市的安全运行保驾护航。

开通时间：云光一体、协同控制、统一编排，实时按需获取云、网资源，提供“分钟级”业务极速开通服务。

智能调度：将光联接到园区、到楼宇、到房间、到机器、到桌面，通过 AI 技术，应用光网智能管控平台，可提供自动化、自助化的业务体验、差异化服务能力和主动式运维和故障预判，实现网络从人工操作到工具辅助执行，再到自助决策的全流程智慧运营。

2、网络 KPI 指标

面向业务体验提升和推进网络能力提升，从网络接入技术、网络覆盖率、网络管控技术、电层转发跳数、网络保护技术等五大维度定义网络 KPI 指标。

网络接入技术：从 SDH/MSTP 到 OTN，接入速率从 Mbps 到 Gbps，再到 Tbps 不断提升，满足全业务带宽提升高速接入。

网络覆盖率：以业务接入全光锚点距离衡量联接密度，通过业务价值区域完善覆盖，接入距离<2km 时，在资源预留的情况下，可实现天级业务的快速开通。

网络保护技术：通过接入侧和网络侧不同的单双链路组合，可为智慧城市业务配置不同保护等级，提供可承诺的可用性。

电层转发跳数：基于光传送技术实现光层的一跳直达，能有效减少不必要的电层转发，不仅能降低网络建设成本，可为业务提供更低的时延。

网络管控技术：通过引入智能化管控，提供快速业务创建、业务资源实时可视，基于时延、可用率等策略按需计算路径，并感知网络故障等能力，同时管控系统遵循标准定义的北向接口，支持对接上层协同层或者应用层，实现跨层、跨域业务、云网业务协同发放管理。

三、构建新生态

智慧城市应用依靠多种 ICT 技术一体化协同发展，政府、行业、企业等社会主体共同参与建设。同时，带动上下游产业相互融合，催生更多的新技术、新业态、新场景、新应用，通过探索这些商业应用场景，促进 F5G+应用的进一步深化与进化，构筑更大的生态系统平台，将最具确定性的极致网络体验带到更广泛的应用领域中，为每个用户带来前所未有的高品质沉浸式体验，加速千行百业的数字化转型，促进千兆产业的持续健康发展。

（一）F5G+数字政府

1、应用场景

政务云网：政务云作为政府部门各业务系统的基础承载，承担着政务数据资源存储、共享交换、业务系统集成、业务应用拓展、政府各行业云之间的联接、政务数据容灾等应用各类基础功能。随着“城市大脑”、“综治中心”、“应急指挥中心”、“数字孪生城市”、“物联网 IOT 中心”的建设，以及“一网通办”、“一网统管”、“一号服务”、“一码通行”、“一机走全城”、“一屏观天下”等越来越多管理和服务的的应用，政府部门的业务从线下转向线上。这对现有国家电子政务外网专线网络资源和承载需求提出了更大的挑战，迫切需要打造以网络融通和数据共享为特征的新一代电子政务外网，提供统一、高速、稳定、安全、弹性的网络通信环境。

云桌面：政府部门内部实行办公门户管理、远程办公、视频会议、机关大院节能监测、政府移动办公 APP、城市基层网格化

管理案件上报 APP、移动执法案件上传 APP 等政府内部“多个终端、一份数据”一体化政务办公模式，实现随时随地便捷办公，与电脑端保持完全一致的操作体验。基于政府垂管业务部门多数应用数据需要跨层级、跨地域上传、交换、调度特性，需要有高速、稳定互联的信息传输网络保障。

2、应用案例

广东移动建设城市全光专网，助力“智慧中山”打造政务网、城市视频网、城市物联网、工业互联网“四网一体，统一管理”的智慧城市一张网，联接万家政企、万路视频、十万物联终端、十万工业互联，满足差异化业务需求，实现城市治理精细化，打造中型“智慧城市”样板。

天津市政务云，建设了骨干带宽高达 8 个 T 的“一张网”，改变了原来需要建设多张通信网络，承载多种通信业务的传统建网方式，通过光智能切片的 OTN 全光承载网，满足全市 400 多个部门的网络互通和低时延、高带宽等通信要求，实现了一虚多通信网络的统一，支撑了年均流转各类文件约 75 万件和视频会议 200 余次的政务需要。

山东联通基于全光网络的云网融合，统一云网业务的入口，实现光云一体。通过云网协同，实现网络和云资源的一键式同开同停，业务发放时间从天级缩短到分钟级，同时通过用户 APP 提供用户自助调速、时延和流量可视等差异化服务。

（二）F5G+数字医疗

1、应用场景

互联网+医院：医疗资源分布不均，跨地域就诊难，一直是医疗卫生行业发展的痛点。国家卫健委 2020 年最新公布的数据显示，目前全国互联网医院已经超过 900 家，主要包含了三种模式：实体医院的医疗资源线上服务模式（H+I 模式）、医联体共同线上融合服务模式（H 与 I 融合模式）、集聚医生资源的平台服务模式（I+H 模式）。目前，远程医疗技术已经从最初的电视监护、电话远程诊断发展到进行数字、图像、语音的综合传输，实现实时的语音和高清晰图像的交流。下一步重点是发挥大医院或专科医疗中心的医疗技术和医疗设备优势，对医疗条件较差或者边远地区的伤病员进行远距离诊断、治疗和咨询。突破网速瓶颈是目前“互联网+医院”发展的关键，不仅可以最大化提升医疗部门的检测诊断准确率、支撑药物研发，还可将有限的卫生系统资源价值有效发挥出来。

医疗影像云：医疗影像云服务平台主要面向区域或医联体影像互联互通、协同诊断，可实现相关联网单位的医学影像采集、传输的数字化和自动化，实现医疗数据的管理和共享、医疗卫生业务协同、居民公众服务。涉及医疗影像云中心、大型、中型和基层卫生医疗机构，医疗影像云中心按照可接入 100 家医疗机构统计，中心平台带宽需求约在上下行 2000M 左右，且后续每接入用户数量增加 1 家，增加 10M-20M 上下行带宽。

2、应用案例

河南省人民医院医学影像数据已占医院总数据量的 80%以上，医疗影像的云端存储已经成为迫切需求。河南联通基于全光网帮助河南省人民医院构建了一体化影像云服务平台，实现了对医技数据与医技业务的全流程管理以及三维影像的临床应用，保障医生实时查看病人的所有病例图像，专线网络速率不低于 1Gbit/s，同时为了保障卫生行业的高安全性要求，网络的可用性不低于 99.95%。

广东联通为中山大学附属第三医院提供的高可靠、低时延、灵活可调的 SD-OTN 云网专线，重构医疗系统，全面提速实现核心系统上云，将原来分散碎片化的数据集中化管理，有效满足就诊数量突发需求，提升医院信息化水平。

浙江嘉兴第一医院放射科，每天新产生的图文影像数据资料达到 80GB，借助大带宽传输，医生可随时调取图文影像资料，并且与省内多家大型三甲医院的联合影像远程会诊，有效提升了就医体验。

（三）F5G+数字金融

1、应用场景

视频影像传输：银行网点理财业务开户，嵌入了人脸识别二维码等技术手段，要求对开户用户录音录像，使银行网点业务网带宽发生成倍的提速，从当前全国各地银行带宽增长的趋势来看，银行网点接入带宽普遍从当前的 4M/10M 提升到 20M/100M，带

宽增幅在五倍以上。省行一般覆盖上千个网点，专线总带宽需求将达到几十个 Gbit/s。

生产数据传输：全国各银行开始逐步取消地市汇聚业务核心生产系统，统一上送到省行数据中心云节点集中处理，大部分银行建设了双活数据中心。银行各个网点/分行与总部两级访问业务带来的数据协同、银行业务的实时高效处理、数据传输网络的安全可靠以及银行业务的实时在线处理等，对于整个银行跨地市长途专线网络架构提出了更高的要求。

2、应用案例

江苏电信联合江苏银行以 F5G 技术建立了强大的传输网络，保证了省行下属 2000 多家支行全部将数据实时传送到省行处理的需求。同时，还满足了省行在消费流量高峰、节假日资金流动高峰，以及银行内部的高清视频会议、高清监控摄像头信号的即时调用、突发事件时的带宽保障等不同场景下的差异化带宽需求，使全省各支行与省分行结算工作效率提升高达 50%。

（四）F5G+企业上云

1、应用场景

企业上云：工信部《推动企业上云实施指南(2018-2020 年)》提到“到 2020 年，全国新增上云企业 100 万家，形成一批有影响力、带动力的云平台和企业上云体验中心。”全国已有 20 多个省份加入到“百万企业上云”行动中。尤其当前在数字化转型加速推进的趋势下，企业上云需求不断增长。F5G 端到端的超低时延能力，通过超宽固网光纤远端一跳接入，使工业机械臂、工业

VR/AR、设计仿真、远程维护等信息与远端工业云 PaaS/SaaS 等实时交互应用，拥有更高的反应速度和精度，拓展更多的操作场景，操作人员和管理维护人员也可跨域直接连接设备，助力工厂生产效率的提升。工业现场网、车间生管网、监控网、办公网互相独立，网络架构复杂，制约企业生产研发关键环节智能化的应用，智能工厂内的设备互联和信息交互，工厂外信息的云端处理和互联低延时、高可靠的需求以及企业数字化转型持续加速，日常办公、ERP、CRM 等核心业务上云的需求等等。预计到 2023 年，50%的中国企业应用将部署在容器化的混合云/多云环境中，以提供敏捷的、无缝的部署和管理体验²。终端和云端之间的大量数据交换，对网络的带宽和稳定性提出了很高的要求，F5G 将成为企业上云商业场景中最为重要的承载网络之一。

2、应用案例

上海市三维图形引擎及可视化管理平台服务公司，其一个 3D 实景渲染模型文件的大小接近 200GB，不仅需要满足客户的远程实时观看需求，还需要实时同步到云端，由此对上云专线的稳定性以及上行带宽提出了很高的要求。自从升级到千兆专线后，其 3D 渲染模型文件上传速度慢的问题迎刃而解，不仅速度快，而且带宽稳定，以前需要几个小时上传的项目，现在几分钟就能完成。客户在线浏览三维模型的体验效果得到极大改善，有效促进了公司的业务增长。

² 《IDC Future Scape:全球云计算 2020 年预测—中国启示》

（五）F5G+智慧教育

1、应用场景

教育部《教育信息化 2.0 行动计划》提出：“在 2022 年，实现‘宽带网络校校通’‘优质资源班班通’和‘网络学习空间人人通’。”《2020 年教育信息化和网络安全工作要点》提出“研制教育专网建设实施方案，科学规划和推动教育专网建设。”当前，智慧校园、智慧课堂广泛建设，电子白板、录播系统、多媒体讲台等丰富的网络教学形式和校园安防高清摄像头的覆盖，校园内行政管理、教师办公、学校论坛等教学与管理资源分散在多网络，信息共享难等现实对网络带宽、时延、运行维护提出了更高的要求 and 更大的需求。

2、应用案例

济南市第一中学新建校区，采用全光网络架构，全校 162 个教学班多业务覆盖（电子班牌/网络信息/日常监控/IP 数字广播/电子时钟/电子白板/高考监控）和所有教师办公室全部采用光纤接入，根据教研组办公室、创客、信息技术等专用教室功能分配不同容量带宽，并根据不同的应用场景进行带宽调节，成功打造成为基础教育信息化示范学校的标杆。

陕西省教育考试院建设省级综合考务平台（部署于省教育考试院内部），统一管理覆盖全省近万个考场以及 100 多个保密室的视频监控及其他信息终端，实现考前（试卷保管）、考中（考场监管）、考后（试卷审阅）的全程监管。陕西电信 25 天完成 10 个地市 600 个信息点线路开通，时延带宽端到端可视，带宽占用率 80%时，自动提升带宽，SLA（服务级别协议）可承诺，独享带

宽，与互联网隔离 50ms 保护倒换，实现 260+个考点、11 个阅卷点、3 个招生录取现场、1 个试卷印刷厂和省教育考试院考务平台之间的互联互通。

（六）F5G+视频直播

1、应用场景

新媒体各种商务发布会、峰会论坛、渠道大会、电子商务、体育赛事等场合视频直播以及短视频发布在政府企业广泛应用，据统计，截至 2020 年 6 月，中国短视频用户规模为 8.18 亿，占网民整体的 87%³。各级政府部门和各大主流媒体纷纷在短视频平台开设账号，开展信息服务的同时，以轻松活泼的方式拉近了与民众之间的距离。

2、应用案例

运营商及第三方机构均推出了商务直播产品和服务体系。天翼云为政企宣传商务活动打造了天翼云商务直播产品，通过专业化的技术和策划，为用户提供专业定制的商务直播解决方案，依赖基础宽带网络提供 99.95%高可用性，保障体验。四川电信和四川广信天下传媒联合，基于 OTN 品质专线承载的真 8K VR 直播方案，为两百多万天翼云 VR 用户提供了前所未有的沉浸式体验。

广东移动通过千兆宽带网络实现了东莞、广州两地 CBA 总决赛 VR 高清直播，使球迷在“第二现场”带上 VR 眼镜实现沉浸式观看。

³ 《中国互联网络发展状况统计报告》

（七）F5G+平安城市

1、应用场景

政府和各行业对网络视频监控的需求与日俱增，受公共安全视频联网及智能化升级等因素驱动，加速其向垂直行业拓展，让蓝天卫士、智慧商铺、明厨亮灶、应急指挥、平安校园、安防社区等业务更快覆盖城市管理的各个领域。平安城市公共安全视频联网工程提出了全域覆盖、全网共享、全时可用、全程可控的建设目标，户外电源、环境、网络线路复杂、边缘侧计算、视频回传容量大、网络资源调配等问题需要高品质网络带宽连接，保障公共安全海量视频资源的实时、稳定传输。

（八）F5G 商业模式

围绕 F5G 的特性，结合当前 F5G 的主要应用场景、解决方案和建设方式，归纳了以下三类商业模式：

1、基于带宽的商业模式

根据业务特性和业务场景需求，面向对超高带宽、低时延、高可靠等能力要求较高，但终端联接数量相对较少的业务场景，提供带宽服务，也是当前运营商的主营模式。代表性应用主要有视频直播、云桌面、数字医院、数字金融、数字教育等，根据不同应用场景的接入带宽，提供不同的业务体验，并且制定差异化的带宽收费模式。

2、基于联接的商业模式

面向城市感知、数字孪生等领域大联接的应用场景，集成不同的终端、传感器和边缘侧计算应用的需求，除了提供基础带宽服务，还可对海量终端提供算力、算法资源。代表性应用主要有平安城市和企业上云等应用，根据不同应用场景的接入带宽、不同资源套餐、资源搭配的使用情况或物联网的联接数量，提供不同的业务体验，并且制定差异化的资源使用收费模式。

3、基于智慧城市生态的整体解决方案的商业模式

运营商根据用户对应用场景设计实施方式的不同需求，提供基础带宽资源、算网算力资源、软件与 IT 集成、大数据分析、网络安全等服务的整体解决方案，适用于以上所有应用场景。基于 F5G 技术的应用，运营商不再只提供带宽（流量）服务，通过端到端的全光接入，构建智能联接激活网络价值，为用户提供更加方便、高效、安全的智能化网络服务，凭借丰富的数字化解决方案和“新基建”赋能者的双重角色，提供个性化、非标准的互联网业务应用，推动产生更高的商业附加值，使能智慧未来。

四、展望新愿景

信息通信技术正在深刻地影响并孕育我们的智慧生活，成为城市走向新里程的关键要素。新产品、新服务、新业态、新商业模式已成为经济增长的主要贡献力量，未来支撑数字经济的作用和地位会继续提升。F5G代表了未来城市超高速信息基础设施建设的方向，从互联网时代的“尽力而为”，走向智能联接时代的“确定性服务”。“互联网+”带来的连接驱动作用，从连接到联接，改变的不仅仅是一个“连”字，还包含了人与人、人与物、物与物的连接关系与效能的提升。智能算力的进一步提升，提高了连接的效率和功能，释放出更大的红利，使更多的人能够听到、看到、享受到连接赋予的智能，让连接成为联接，创造一个真正的万物互联的社会。

梅特卡夫定律告诉我们，联接的价值与联接数的平方成正比。以5G、F5G等超宽带网络为基础的智能联接网络，通过全要素、全产业链、全价值链的全面联接，赋能传统行业数字化转型，提高全要素生产率，并将带动通信产业链上下游的发展，释放数字对经济发展的放大、叠加、倍增作用，为构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局提供有力支撑。

F5G实现了网络联接向数据联接、服务联接和智能联接的延伸。我们相信，跨入“万物互联、千兆传输、微秒可达”的全光智慧城市一定会产生我们现在还想象不到的新应用，进一步丰富人民生活、激发经济生态、提升社会治理水平，更好构建智慧社会的美好明天。

让我们用心见证、携手推动、共创未来！