

白皮书
2018-06

CAICT
中国信通院

 **IMT-2020**
IMT-2020(5G)推进组



"绽放杯"5G 应用征集大赛白皮书



目录

引言	P1
----	----

5G推动人类社会走向“万物互联”	P2
------------------	----

目前我国5G应用发展主要特点	P4
----------------	----

5G重点应用用例分析	P14
------------	-----

5G应用发展趋势及措施建议	P41
---------------	-----

中国信息通信研究院始建于1957年，是工业和信息化部直属科研事业单位。多年来，中国信通院始终秉持“国家高端专业智库 产业创新发展平台”的发展定位和“厚德实学 兴业致远”的核心文化价值理念，在行业发展的重大战略、规划、政策、标准和测试认证等方面发挥了有力支撑作用，为我国通信业跨越式发展和信息技术产业创新壮大起到了重要推动作用。

IMT-2020(5G)推进组于2013年2月由我国工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部联合推动成立，组织架构基于原IMT-Advanced推进组，是聚合移动通信领域产学研用力量、推动第五代移动通信技术研究、开展国际交流与合作的基础工作平台。

引言

第五代移动通信（5G）以全新的移动通信系统架构，提供至少十倍于 4G 的峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力，实现网络性能新的跃升。5G是数字经济的关键基础设施。未来，5G与云计算、大数据、人工智能等技术的深度融合，将加速5G在各行各业的融合应用，创新商业模式，促进5G技术向经济社会各领域的扩散渗透，孕育新兴信息产品和服务，拓展数字经济发展新空间。

随着5G商用脚步越来越近，探索发掘、推广普及5G典型应用成为5G成功商用的关键。为此，在工业和信息化部指导下，中国信息通信研究院和IMT-2020（5G）推进组主办了“绽放杯”5G应用征集大赛，向全社会广泛征集5G应用创新项目，充分发挥行业需求和企业创新主体作用，助力5G商业化进程。

“绽放杯”5G应用征集大赛于2018年1月16日在北京启动，为更好地发挥大赛对产业的催化作用，大赛组委会陆续在北京、重庆、广州、鹰潭等地举办了行业应用研讨会、无线网络与医疗行业融合发展高峰论坛、车联网论坛、5G云VR/AR创新论坛、工业互联网论坛、开源平台论坛等系列活动。大赛得到了业界的广泛关注和支持，经过3个多月的项目征集，共收到面向工业、VR/AR、交

通、医疗、无人机、环保等众多领域的参赛项目300余个。经过网络投票、初审、复赛、决赛等环节层层选拔，大赛评选出一等奖十个、二等奖二十个、三等奖三十个、优秀奖三十七个、最佳组织奖一个、最佳创意奖一个、最佳设计奖一个、最佳表现奖一个、最佳人气奖五个，在为期六天的大赛“最佳人气奖”评选期间，投票平台访问次数1427万，累计投票数540万。

通过“‘绽放杯’5G应用征集大赛”，我们欣喜地看到了5G在工业互联网、车联网、智慧医疗等各个领域的应用潜力，感受到了企业和个人的创新创业活力。5G已经点燃全社会“大众创新、万众创业”的热情，5G融合应用已经成为汇聚产、学、研、用以及创新各类要素的集成器，成为国家创新驱动发展战略的重要推进器。这些应用将成为5G试商用的种子，在5G发展过程中绽放光华，开出绚丽的“5G之花”。

本白皮书依托“‘绽放杯’5G应用征集大赛”，分析了我国5G应用发展特点，并重点研究了医疗健康、车联网、无人机、VR/AR及工业互联网五大5G应用用例，形成了面向5G应用的四层体系，基本反映了目前我国5G应用的最新进展及发展脉络，并据此提出相关发展建议。

5G推动人类社会走向“万物互联”

1. 5G无所不在，通过新连接构筑新生活、新社会

5G是引领万物互联的强力催化剂，开启人类信息社会的新一轮变革。5G以全新的移动通信系统架构，提供至少十倍于4G的峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力，实现网络性能新的跃升，提供前所未有的移动互联网业务体验和物联网连接能力。5G将促进人类交互方式再次升级，为用户提供3D超高清视频、VR/AR（虚拟现实/增强现实）、沉浸式游戏等更加极致的业务体验。5G与家居、医疗、汽车、教育、旅游等行业融合渗透，将深刻改变生活方式，带来远程医疗、车联网、智能家居、云桌面等新应用，为人们在居住、工作、休闲、交通等方面提供便利。5G还将提升社会治理能力和效率，给城市管理、照明、抄表、停车、公共安全与应急处置等行业带来新型智慧应用，实现社会治理现代化。总体上看，5G的广泛应用将深刻改变人类信息社会的生产和生活方式，引发信息革命风暴。

2. 5G跨界融合，拓展数字经济发展新领域、新空间

5G是数字经济的关键基础设施，成为推动各类产业发展的加速引擎，催生更多新兴需求和服务。5G作为一项通用型技术，将全面构筑经济社会数字化转型的关键基础设施，实现与经济社会各行业的深度融合，推动数字经济迈上新台阶，为实现经济高质量发展提供有力支撑。5G将重塑传统产业发展模式，实现业务改造或重构。5G融入到设计、研发、生产、管理、服务等各个环节，满足人、物、机器等各要素之间全连接需求，实现泛在深度互联，并带来工作模式的创新，实现个性化定制、远程监控、远程运维、智能产品服务新模式，使行业变得更加数字化、网络化、智能化。5G与ICT（信息通信技术）新技术融合发展，将创新应用和服务。未来，5G将与云计算、大数据、人工智能、区块链等技术深度融合，通过深度挖掘新技术和各垂直领域对5G应用的需求，加速5G与各行各业融合，创新应用和服务，促进5G技术向经济社会各领域的扩散渗透，孕育新兴信息产品和服务，拓展数字经济发展新空间。

3. 5G助力发展，铸造制造强国、网络强国新基石

5G将催生经济增长新动能，助力我国经济结构转型升级。当前，我国经济发展进入新时代，已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。党的十九大报告指出，要加快推进制造强国、网络强国建设。5G作为网络强国重要组成部分，将成为驱动我国经济发展的基础性平

台，是确保制造强国、数字中国、互联网+先进制造业等国家战略顺利推进的关键。2018年6月7日，工信部发布了《工业互联网发展行动计划（2018–2020）》提出着力建设先进网络基础设施，5G将进一步升级我国的信息网络基础设施。多个省市将5G视为创新战略的重要抓手，纷纷着手5G布局。各地政府不断出台5G基础设施建设、产业、应用等相关政策，大力推动5G规模组网建设及应用示范，为5G发展奠定良好基础。

目前我国5G应用发展主要特点

随着5G商用脚步越来越近，探索发掘、推广普及5G典型应用成为5G成功商用的关键。

“‘绽放杯’5G应用征集大赛”于2018年2月1日正式开启项目征集。项目征集期间，主办方举办了5G行业应用研讨会、无线网络与医疗行业融合发展高峰论坛、车联网论坛、5G云VR/AR创新论坛、工业互联网论坛、开源平台论坛等系列活动。经过3个月的项目征集，大赛共收到参赛项目300余个。通过对“‘绽放杯’5G应用征集大赛”参赛项目进行梳理分析，可以看到参赛项目基本反映了目前我国5G应用的进展及发展脉络。以下是通过分析得出的主要发现。

1. 5G应用创新侧重大带宽、低时延、高可靠

5G主要有三大应用场景：eMBB（增强移动宽带）、uRLLC（低时延高可靠）、mMTC（海量大连接）。eMBB将为移动互联网业务提供前所未有的极致体验。eMBB主要满足超高清视频、下一代社交网络、浸入式游戏、全息视频等移动互联网业务需求，随时随地（包括小区边缘、高速移动等恶劣环境和局部热点地区）为用户提供无缝的高速业务。uRLLC和mMTC将满足物联网及垂直行业的多样化应用需求。uRLLC主要面向车

联网、工业控制、远程手术等对时延和可靠性具有极高要求的垂直行业，为用户提供毫秒级的端到端时延和接近100%的业务可靠性保证；mMTC主要面向智慧城市、环境监测、智慧农业、森林防火等以传感和数据采集为目标的应用场景，具有小数据包、低功耗、海量连接等特点。

本次大赛应用项目，既有面向eMBB、mMTC、uRLLC独立场景，也有涵盖eMBB、mMTC、uRLLC三方面的混合场景。各应用领域的多数应用项目尽可能充分利用和挖掘5G三大应用场景的技术能力和特点，提供综合解决方案和服务能力。其中，共有34.3%的5G应用项目面向eMBB和uRLLC混合场景，体现了对大带宽、低时延、高可靠的技术需求。

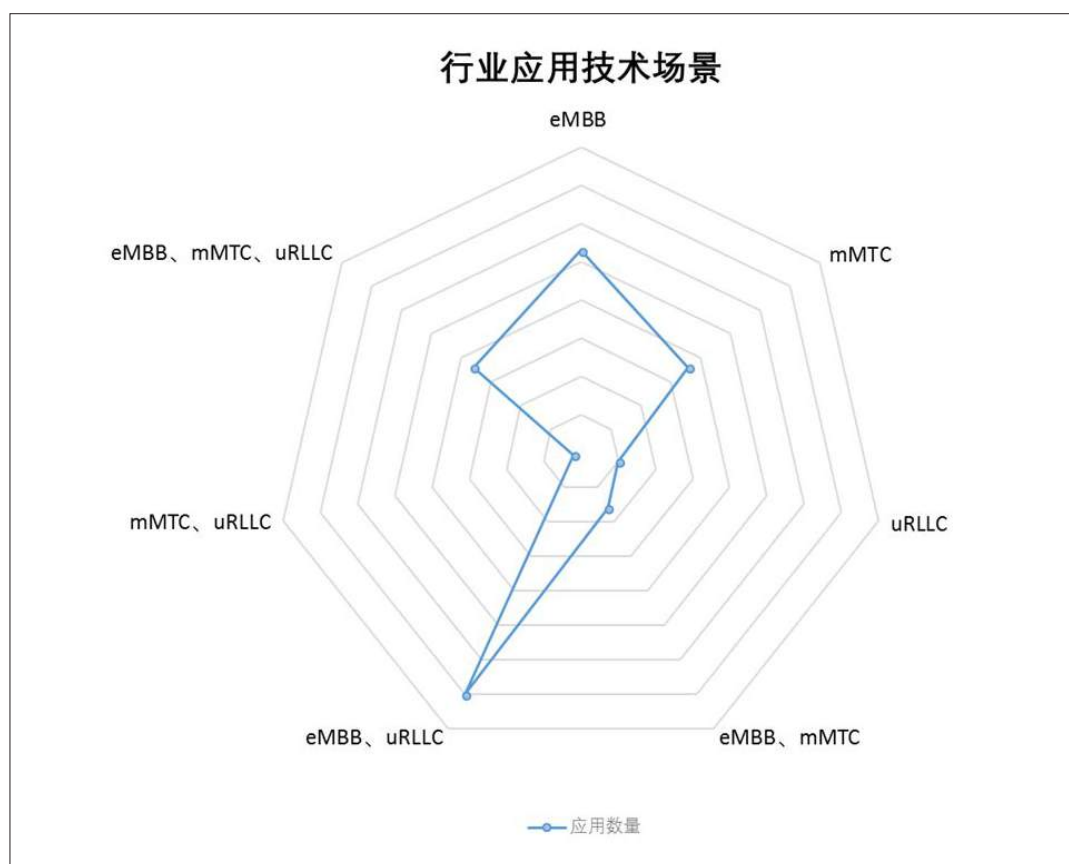


图1 面向5G不同场景的应用项目情况

2. 5G重点应用领域脱颖而出

5G通过与交通、医疗、工业、文化体育、能源等各个行业融合，孕育新兴信息产品和服务，产生各种5G行业应用，重塑传统产业发展模式。

而VR/AR、高清视频、无人机、机器人作为5G网络的基本业务，未来可能应用于各种5G场景，是5G通用型应用。



图2 5G应用总体视图

通过分析我们发现，很多项目通过提供整体的网络解决方案为各行各业提供通用型方案，此

外，VR/AR、无人机、高清视频等应用数量突出，也是未来5G重点通用型应用。

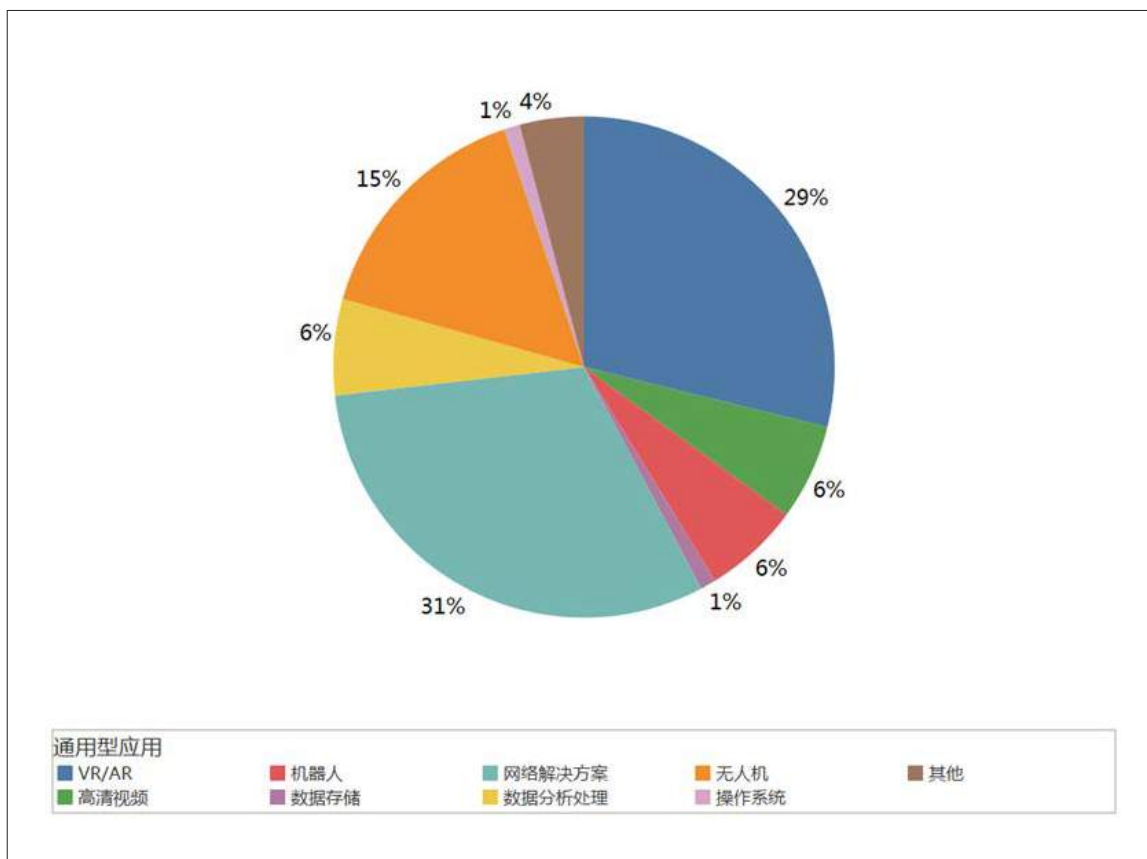


图3 5G通用型应用占比情况

5G通过与工业、农业、交通、医疗、环保等各个领域各个行业的融合，不断探索形成新产品、新业态、新模式，助力传统产业转型升级发展。本次大赛中，智慧交通、医疗健康、公共安全与应急处理和文体娱乐等

领域的应用项目最多。大部分应用项目处于正在进行需求调研和功能设计阶段，小部分应用正在进行试用，反映出目前5G应用还处于起步阶段。通过市场分析和预测，大部分应用项目前景可期。

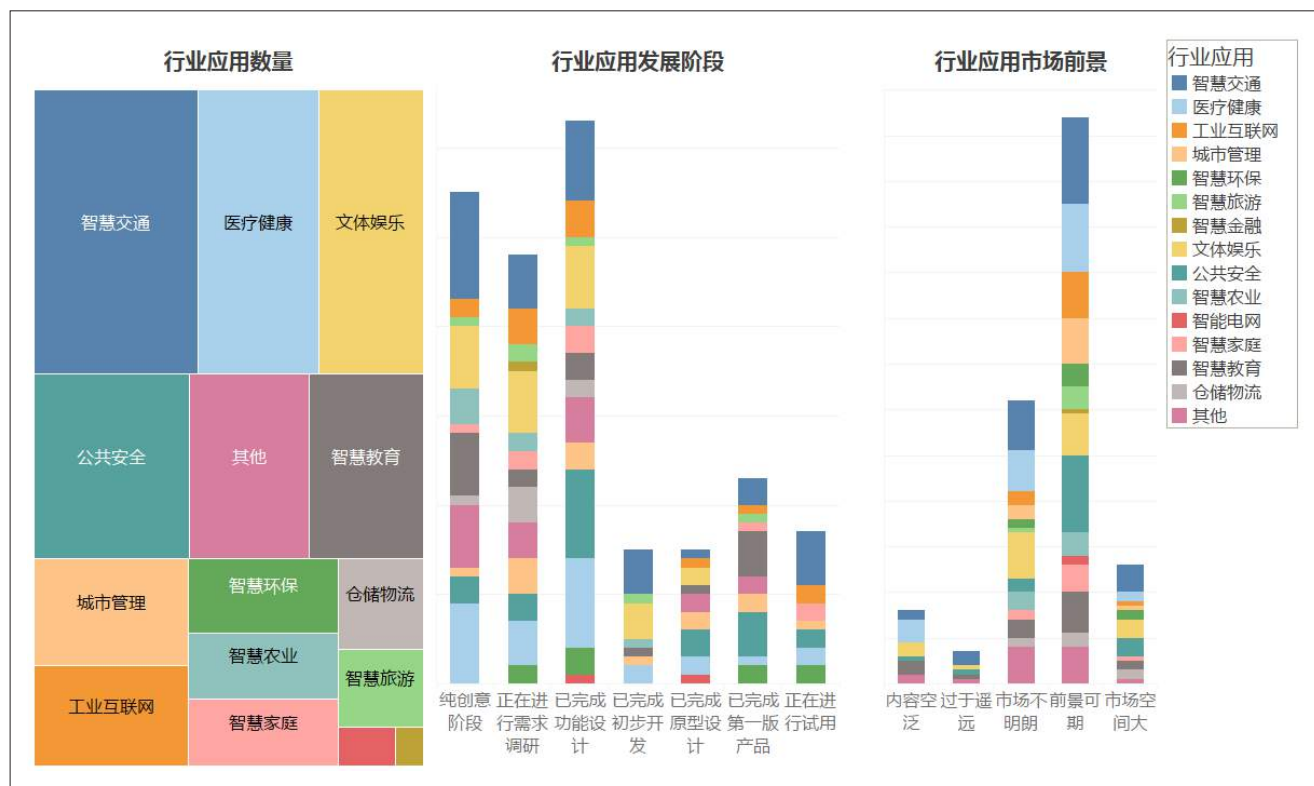


图4 5G各行业应用数量和发展阶段及前景

3. 5G和大数据、云计算、人工智能等ICT前沿科技技术深度融合

本次大赛中，较多的应用项目使用了大数据、云计算、边缘计算、虚拟/增强现实、人工智能等ICT前沿科技技术。通过5G和上述ICT前

沿科技技术的深度融合，产生了更具创新的丰富应用，提升了5G各应用领域的智能化水平。以大数据技术为例，本次大赛中共有22.5%的5G应用项目使用大数据技术。

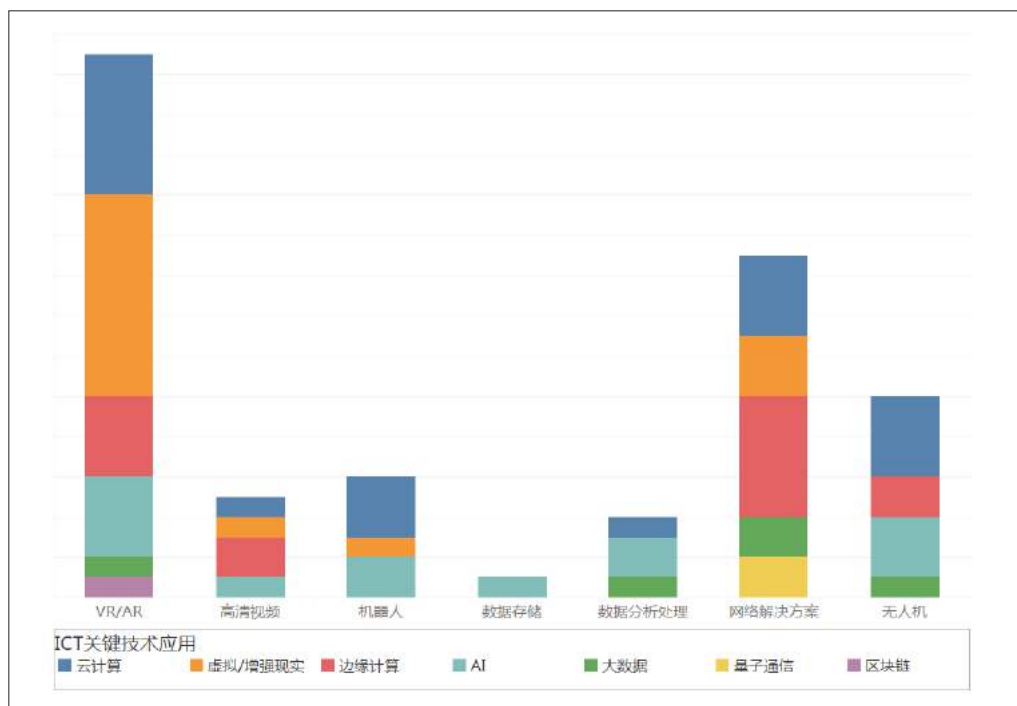


图5 5G通用型应用ICT关键技术分析

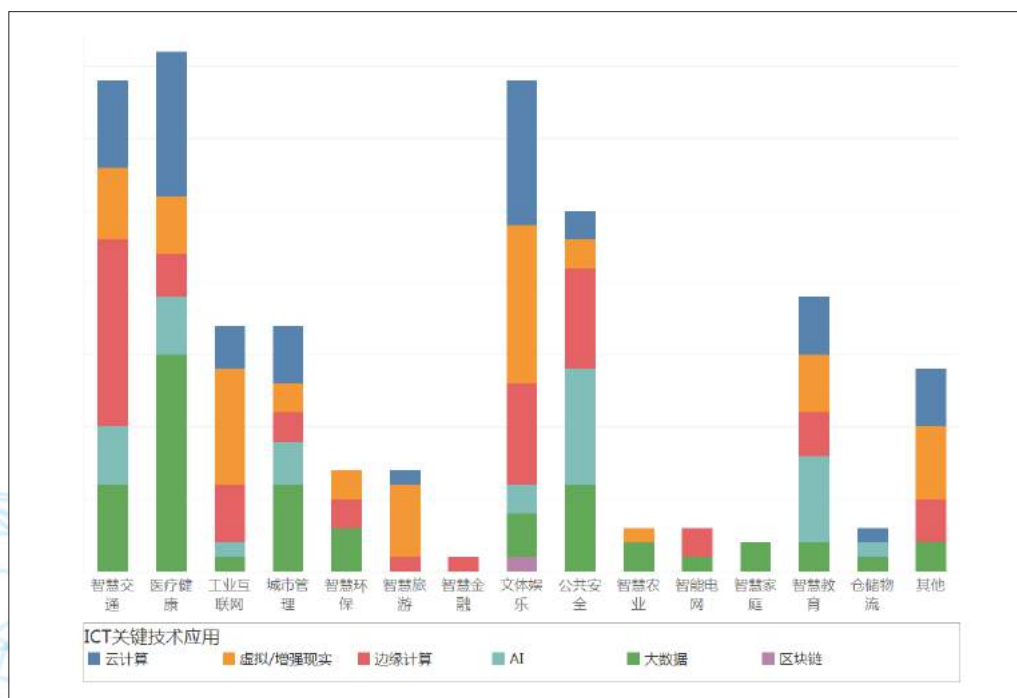


图6 5G行业应用ICT关键技术分析

4. 5G应用需要端到端整体解决方案和丰富的终端类型支持

由于5G应用更多地面向各个行业领域，因而更多的需要端到端的、平台型的应用解决方案。本次大赛共有54.4%的应用项目面向实际应用研发了整体解决方案，26.2%的应用项目侧重

在应用平台的研发。

在终端方面，不同于4G，5G除了智能手机、机器人、无人机、摄像头、传感器都将内置5G通信模块，丰富了5G的终端类型。本次大赛共有20.5%的5G应用项目使用特殊定制终端。

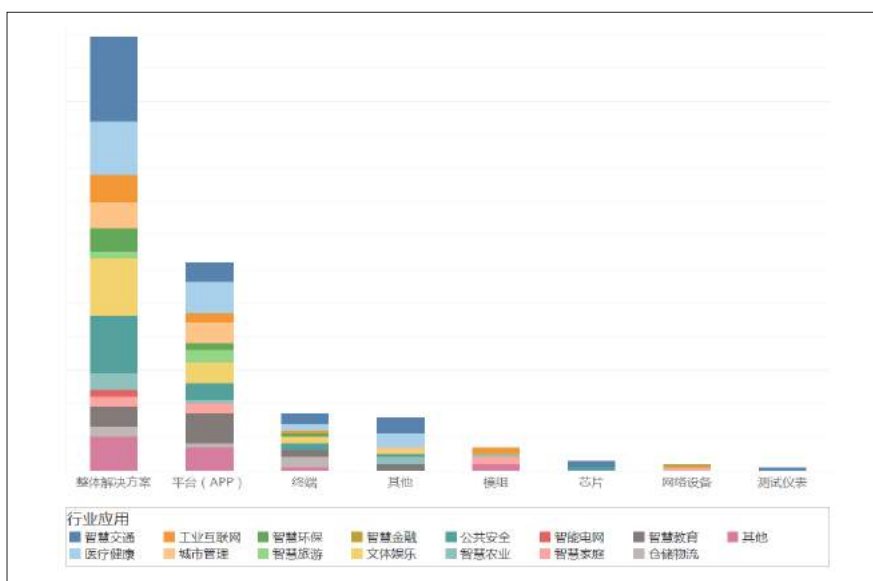


图7 5G行业应用产业链核心

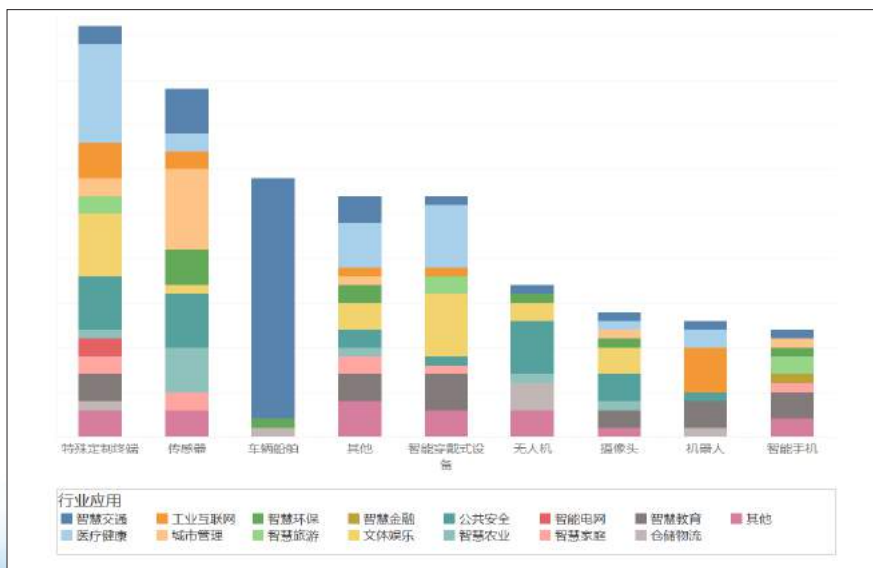


图8 5G行业应用终端类型

5. 5G点燃了各方应用创新热情

三大基础电信运营商和主设备厂商是目前推动5G应用发展的主体。本次大赛共收到应用项目300多个，其中69%的应用项目来自企事业单位及政府部门，31%的应用项目来自团队和个人。参与此次大赛的企事业单位和政府部门共计

189家，涵盖电信运营企业、通信设备企业、终端设备企业、科研院所、行业应用企业及第三方企业。提供应用项目较多的企业主要包括中国移动、中国联通、中国电信、华为、上海诺基亚贝尔、咪咕科技等。大赛参与主体和参赛项目情况见下图所示。

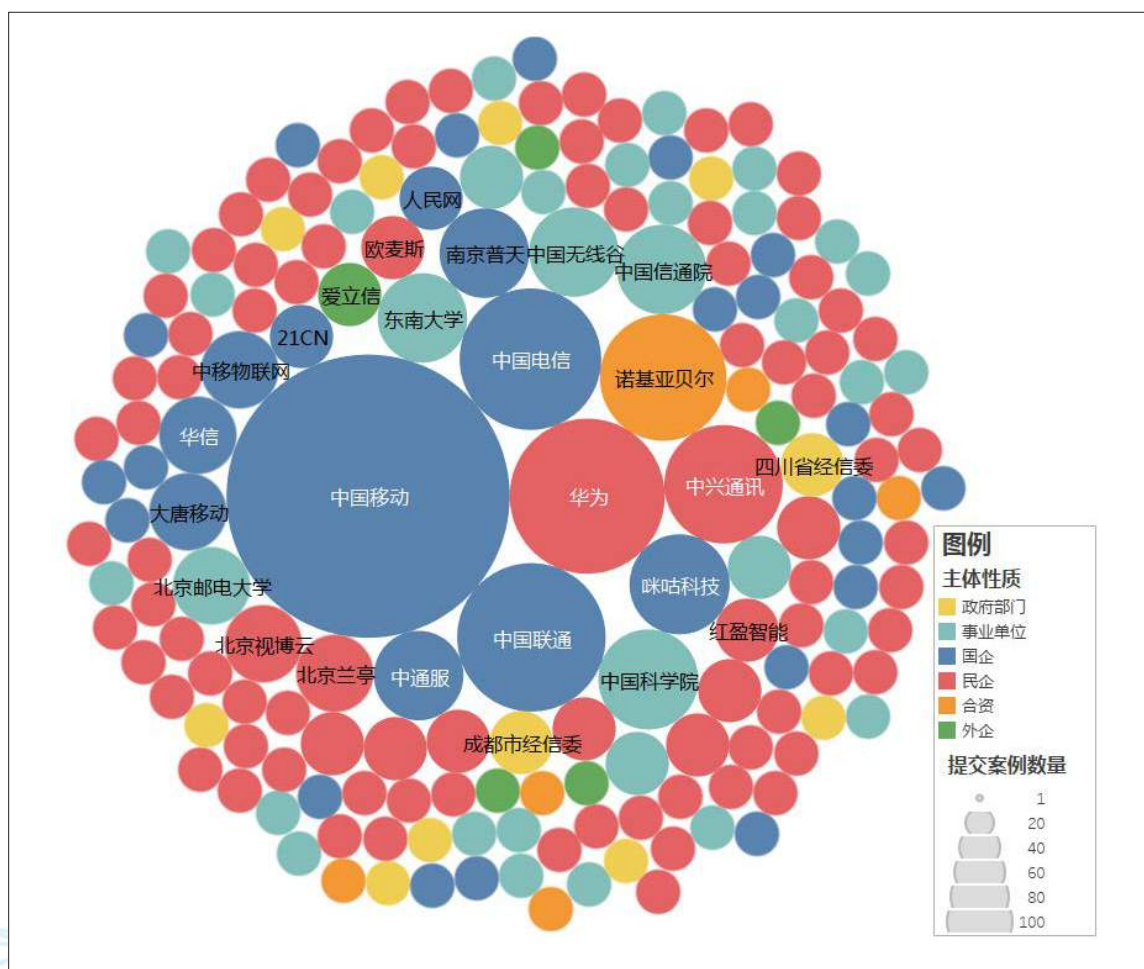


图9 5G大赛参与主体和参赛项目统计

5G应用激发个人和团体创新创业热情。本次大赛31%的项目来自个人和团队。参与大赛的个人和团队共计92个，包括在校学生、计划创业的专业人士等。其中大部分年龄区间在30-40

岁，占比达43.5%。大部分参赛项目属于概念、需求调研和功能设计阶段，有待进一步孵化和试点推广。

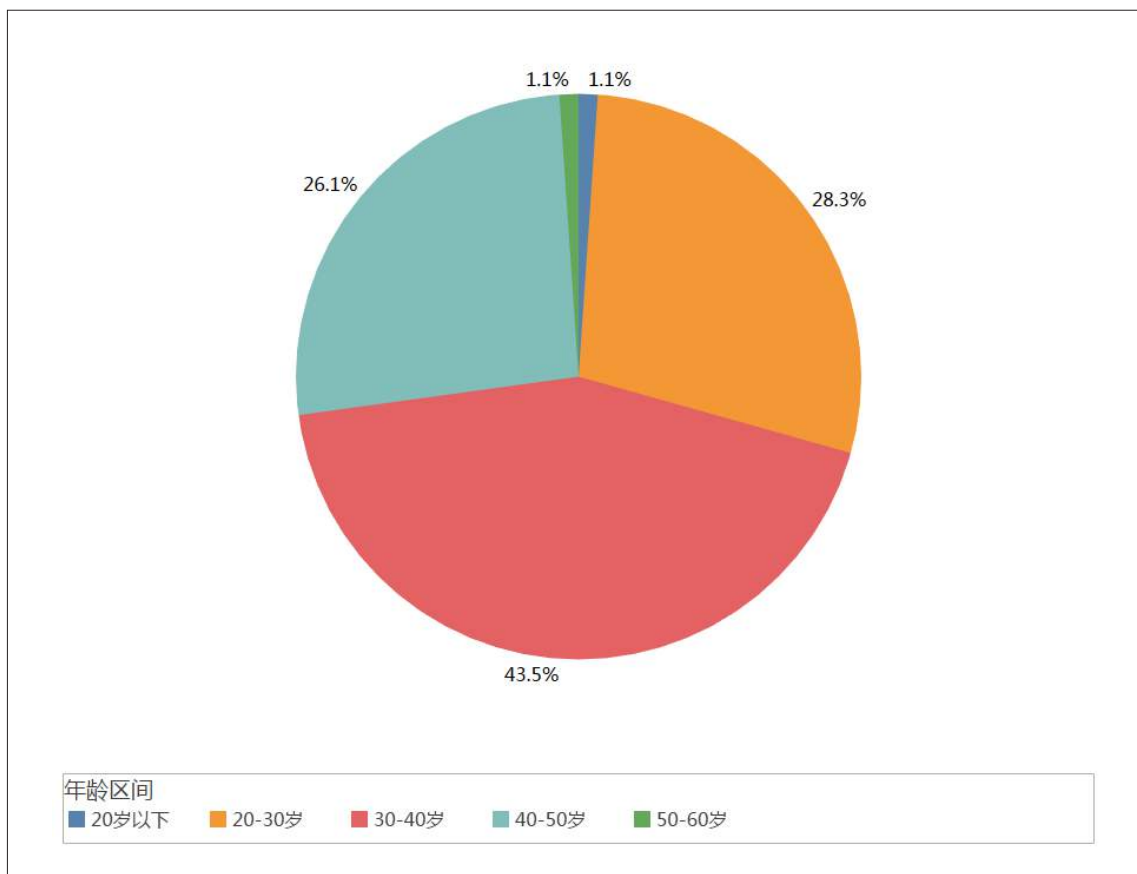


图10 5G大赛参与团队/个人申报者年龄分析

北京、江苏、四川等省市成为5G应用创新和试点推广先行区。本次大赛应用项目，主要来自北京、江苏、四川、上海、浙江、广东等省/市。这些区域是目前我国5G相关产业基础好、地

方政府和企业高度重视5G发展、大众创新创业热情较高的区域，预计未来将是我国5G应用发展的先行区域。

参赛应用项目地域分析见下图所示。

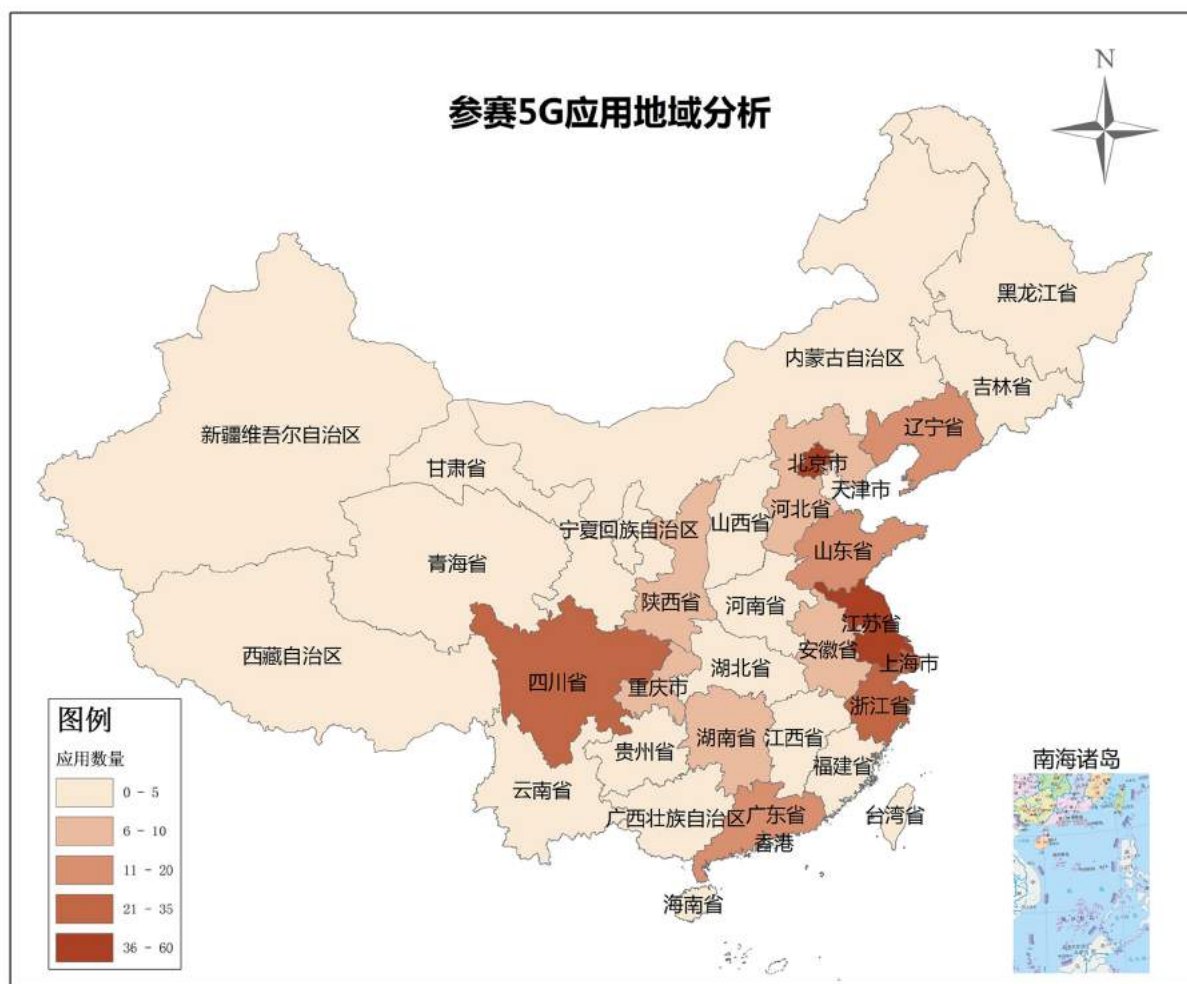


图11 5G大赛参与主体地域分析

5G重点应用用例分析

1. VR/AR

VR/AR是借助近眼现实、感知交互、渲染处理、网络传输和内容制作等新一代信息技术，构建跨越端管云的新业态，满足用户在身临其境等方面的体验需求。随着VR/AR向深度沉浸、完全沉浸等阶段发展，对云化及无线网络的需求将大幅增加。VR/AR与5G的结合，既可以充分发挥5G低延时、大带宽等技术特性，又可以进一步拓展VR/AR的交互性和沉浸式体验，将成为在各行各业的通用型应用被广泛使用。

1.1 应用场景与需求

VR/AR现实应用正在加速向生产与生活领域渗透，“VR/AR+”的时代业已开启。

“VR/AR+”应用覆盖文化娱乐、智能制造、医疗健康、教育科普、商贸创意等领域。虚拟/增

强现实应用可分为大众应用和行业应用。

大众应用的文娱领域主要包括游戏/社交和影视/直播，例如虚拟社区、VR巨幕影院、VR全景直播等。

在行业应用领域中，VR/AR+智能制造主要涉及虚拟设计、虚拟装配、产线运维及巡检等；VR/AR+医疗健康主要涉及手术培训、早期检测、心理干预治疗等；VR/AR+教育科普包括虚拟教室、虚拟课件、在线互动教育等；VR/AR+商贸创意包括AR+广告、VR+家装、VR+房产、VR+时装等营销场景。

据高盛公司预测，2025年全球虚拟/增强现实软件应用规模将达到450亿美元，其中文化娱乐类由大众推动，其余应用领域主要由企业及公共部门推动。



图12 “VR/AR+”的应用领域

从沉浸体验上，可将上述VR/AR的业务场景分为弱交互VR/AR和强交互VR/AR。弱交互VR/AR是指用户与虚拟或现实环境不发生实际的交互，用户只是作为信息接收者，可以在一定程度上选择视点和观察位置。在这种情况下，用户体验是相对被动的，体验内容也是预先规划好的，沉浸感相对较弱。例如VR+影视、VR+直播的视频类业务属于典型的弱交互VR。强交互VR/AR是指用户可通过交互设备与虚拟或者现实环境进行互动，通过虚拟或者现实环境中的物体对交互行为做出即时响应，使用户能够感受到虚拟环境的变化，沉浸感更

强，如VR+游戏、VR+社交、VR+工业设计等都属于强交互VR范畴。

VR/AR沉浸感体验的不同发展阶段和强/弱交互的VR/AR业务越来越依赖于网络传输技术的支撑。沉浸感的提升依赖于画质分辨率、渲染和交互的处理速度以及传输速度的全面提高，其中网络传输的作用越来越重要。从VR/AR整体的发展阶段看，四个发展阶段对传输的带宽、时延的需求逐步提升。带宽从25Mbps逐步提高到近3.5Gbps，时延从30ms降低到5ms以下；从强/弱交互的VR/AR业务看，又体现出对网络传输的不同需求。

弱交互VR/AR以带宽需求为主，强交互VR/AR体现对带宽和时延的双需求。对于以视频类业务为代表的弱交互VR/AR而言，沉浸感体验提升主要依赖于视频分辨率的提高。采用全视角4K分辨率的全景视频在单眼角分辨率上仅有约10像素/度，视频体验低于标清电视，可见VR+视频对分辨率的要求将远远大于传统视频。结合目前传输协议本身对延时和丢包率的要求和限制，可总结不同阶段的弱交互VR/AR对传输的技术需求如下图所示。对于以游戏类业务为代表的强交互VR/AR而言，沉浸感提升依

赖于带宽和时延的双满足。强交互VR/AR需要实时渲染生成画面，业界对运动时延（MTP）小于20ms的交互时延的需求对渲染时间和网络传输时延提出非常高的要求。据VR OpenLab测算分析，强交互VR/AR对网络需求在发展早期阶段是带宽50Mbps左右和时延10毫秒左右，入门体验阶段将达到带宽200M左右和时延10毫秒左右。为达到更好的体验，强交互VR/AR对网络的需求在进阶体验阶段将快速提升到带宽1.4Gbps和时延提升到5毫秒，此时时延需求将成为网络建设的关键因素。

典型弱交互VR—VR视频影院，在不同发展阶段下的网络需求					
Standard	Current (Pre VR)	Entry-Level VR		Advanced VR	Ultimate VR
视频分辨率	全视角4K 2D	全视角8K 2D	全视角8K 3D	全视角12K 3D	全视角24K 3D
单眼分辨率	1080*1200 [视场角100度]	1920*1920 [视场角100度]		3840*3840 [视场角120度]	7680*7680 [视场角120度]
等效传统TV屏分辨率	240P	480P		720P	4K
色深(bit)	8	8		10 (HDR)	12
编码标准	H.264	H.265		H.265	H.266
帧率	30	30		60	120
典型视频码率	16M	50M	80M	220M	1.56G
传输方案	全视角	全视角	全视角	FOV	FOV
典型网络带宽需求	25Mbps	75Mbps	120Mbps	340Mbps	2.34Gbps
典型网络时延需求	30ms	20ms	20ms	20ms	10ms (注1)
典型网络丢包率需求	2.4E-4	2.4E-5	2.4E-5	1E-6	1E-6

来源：VR OpenLab

❖ 注1：极致VR情况下，TCP已经不能满足传输要求，需要新的传输协议

图13 弱交互VR/AR的典型需求



典型强交互VR—VR云游戏，在不同发展阶段下的网络需求

Standard	Current (Pre VR)	Entry-Level VR		Advanced VR	Ultimate VR
视频分辨率	全视角4K 2D	全视角8K 2D	全视角8K 3D	全视角12K 3D	全视角24K 3D
单眼分辨率	1080*1200 [视场角100度]	1920*1920 [视场角100度]		3840*3840 [视场角120度]	7680*7680 [视场角120度]
等效传统TV屏分辨率	240P	480P		720P	4K
色深(bit)	8	8		10 (HDR)	12
编码标准	H.264	H.265		H.265	H.266
帧率	90	90		120	200
典型视频码率	18M	40M	60M	390M	680M
传输方案	FOV	FOV	FOV	FOV	FOV
典型网络带宽需求	50Mbps	120Mbps	200Mbps	1.4Gbps	3.36Gbps
典型网络时延需求	10ms	10ms	10ms	5ms	5ms
典型网络丢包率需求	1E-6	1E-6	1E-6	1E-6	1E-6

❖ 注：强交互VR情况下，TCP已经不能满足传输要求，需要新的传输协议

图14 强交互VR/AR的典型需求

随着体验需求的升级和5G、边缘云能力的支撑，Cloud VR/AR成为强交互和弱交互虚拟现实业务的重要发展方向。一是从产业需求来看，基于5G的Cloud VR/AR是实现“瘦”终端和终端“无绳化”的有效方式。目前终端成本高和性能终端移动性差是阻碍终端普及的主要瓶颈，Cloud VR/AR将部分渲染计算能力部署在云端实现，降低了终端对处理的性能要求，同时通过5G解决了有线

传输对移动性的限制；二是从技术需求看，5G的理论峰值速率能够基本满足Cloud VR/AR的进阶体验阶段需求。对弱交互VR/AR而言，现有的宽带网络和4G蜂窝网络能够支撑入门体验的弱交互Cloud VR业务，5G的理论峰值速率能够满足进阶体验阶段需求；对强交互VR/AR而言，由于对时延的要求，宽带网络需要借助专网实现，而5G毫秒级延时满足强交互Cloud VR/AR的时延需求。

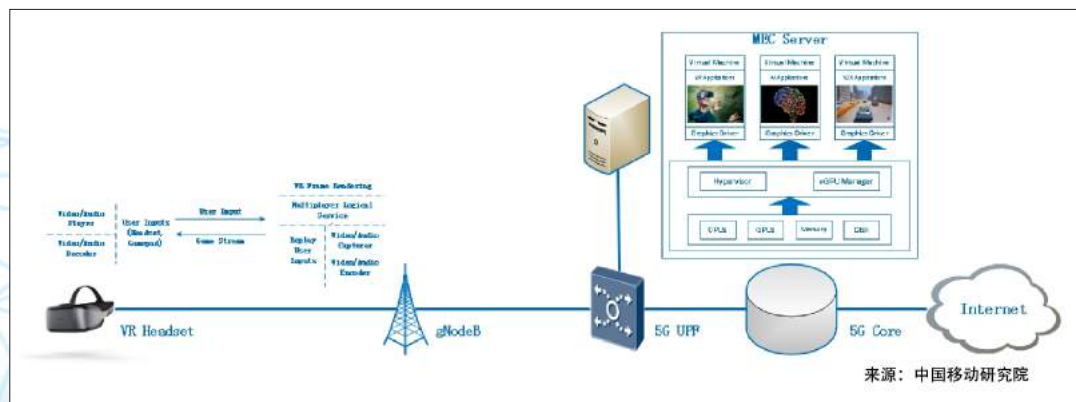


图15 基于5G的Cloud VR/AR方案架构

1.2 发展中存在的问题

(1) 本地化渲染能力制约优质用户体验

虚拟现实渲染处理注重渲染后的高画质、渲染过程的低开销及低时延，以期望给用户提供更流畅的、清晰的和实时的视觉体验。目前，VR渲染主要通过本地终端进行处理，而终端的硬件处理能力尚无法满足用户更高的体验需求。未来依靠5G强大的无线传输能力，能够支持将渲染放在性能更强的云端，从而提供了最广泛的移动性能以及更加灵活的商业模式，为解决终端高成本和渲染能力不足的问题提供新的途径。

(2) 传统的内容制作方式制约优质VR内容供给

虚拟现实产业发展遵循“硬件—内容”的发展节奏。硬件是堡垒，内容应用则是提升体验的主要方式。内容生产依赖前端制作工具，包括超高清摄像机、360°全景相机、三维扫描设备、内容编辑设备以及拼接缝合软件、开发引擎及SDK等软件工具。我国尚处于虚拟现实内容制作的探索阶段，利用5G网络能力，开发公共的内容制作云化平台，提供广泛的内容制作能力，降低制作成本，丰富VR内容，避免“有车没油”成为当前产业发展的重要议题。

(3) 国内产业生态尚未成型

国外ICT巨头公司在重点领域广泛布局，在

谷歌、苹果、微软、Facebook等巨头的虚拟现实战略的引导下，众多中小企业围绕VR产业链中的薄弱环节进行针对性的软硬件研发和内容制作。相比之下，我国VR企业表现出“小散乱”发展特点，尚未出现以核心玩家为中心的产业生态，没有形成统一、协同的产业发展态势，龙头企业的产业带动效应没有体现，VR应用仍然局限在小众市场。

1.3 未来发展趋势

基于5G的“Cloud VR+”成为应用发展重心。云化VR（Cloud VR）是将云计算、云渲染的理念及技术引入到VR业务应用中，实现内容上云、渲染上云、制作能力上云，借助5G等高速稳定的网络，将云端的显示输出和声音输出等经过编码压缩后传输到用户的终端设备，能够大量减轻终端的计算处理能力，通过“瘦终端”降低用户成本，助推优质VR体验的大众普及。未来“Cloud VR+”是“VR+”与5G和云计算融合创新的进一步深化，凭借5G卓越的无线通信能力，可以解决渲染能力不足、终端移动性和服务平台化等痛点问题，加速“VR+”应用向生产与生活领域的渗透进程。

2. 无人机

民用无人机的创新应用对于通信的需求已经不仅仅局限在无人机与遥控器之间的点对点通信，而是呈现出与蜂窝移动通信技术紧密结合的发展趋势，成为“网联无人机”。基于5G移动通信网络可为网联无人机赋予实时超高清图传、远程低时延控制、永远在线等重要能力，全球将形成一个数以千万计的无人机智能网络，7x24小时不间断地提供各种各样的个人及行业服务，进而构成一个全新的、丰富多彩的“网联天空”。

2.1 应用场景及通信需求

民用无人机应用主要分为消费级和工业级两大类，其中，消费级无人机多用于个人航拍、娱乐等领域；工业级无人机则在农业、巡检、物流、安防、救援等领域有众多应用。

(1) 消费级

✓直播

无人机全景VR直播业务将为人们带来身临其境的直播感受。通过无人机挂载360度全景镜头进行视频拍摄，全景相机完成视频采集、拼接处理与视频流处理，通过5G网络将视频上传到核心网侧，再通过下行链路传输到用户。而用户只要戴上VR眼镜，就可以随时随地无延迟地体验激动人心的现场。5G无人机VR直播未来将广泛用于体育赛事、演艺活动等大型活动以及广告、新闻、电影等商业活动拍摄中。

直播业务的通信能力需求：无人机需要安全高速的网络保障实现高清实时视频传输、飞行状态监控、远程操控、网络定位等作业需求。具体通信网络指标需求如下：

表1 直播业务网络指标

图传分辨率	上行视频回传速率	下行速率	网络时延	定位	覆盖高度	覆盖广度
8K	100Mbps	600Kbps	200ms	0.5m	<100m	城市和旅游景点

✓编队飞行

以巨大的天幕作为演出舞台，以无人机队形呈现出图案、文字等进行表演，主要适用于政府或者企业的大型宣传项目。无人机编队表演需要解决授时、导航、抗干扰、路径协调等多个难题，多架无人机协同运动需要精确的定位和同步时间，规划合理的路线，同时要应对

相互间的干扰。

无人机编队飞行有两种交互方式：通过地面基站给每一台无人机发布指令，或者无人机之间进行点对点的交互。前者对通信可靠性、时延、连接数提出了高要求。具体通信网络指标（单架）需求如下：

表2 编队飞行业务网络指标(单架)

下行速率	上行速率	网络时延	定位	覆盖高度	覆盖广度
1Mbps	1Mbps	200ms	0. 1m	<200m	城市

(2) 工业级

✓物流

物流快递是极具潜力的无人机应用领域之一，无人机物流行业，通常分为“干线—支线—末端”三段式空运网络架构。在该架构下，衍生出三大应用场景：

干线运输：大型有人运输机的运力补充，可实现跨区域、跨省份的货物快速调配。载重能力为500kg–1吨，时速约200km/h，飞行线路固定，飞行高度在100m以上。

支线运输：大城市与小城市，或小城市之间的快速直达，有效载荷一般定义在百公斤以上，巡航速度约170千米/小时，最大巡航时间约为10小时。

末端运输：通常聚焦城镇、农村或山区等运力不足地区等的物流配送，载重5–50公斤，飞行半径10–50公里。

无人机物流配送涉及配送任务的下发、配送任务执行、任务及无人机监控等流程，对通信的典型网络需求主要包括：飞行状态监控以及网络

定位，而在城区等人口密集区域或高可靠物流场景下，给予飞行安全和任务变更考虑，需网络图

传能力，以保证无人机的实时人工接管。具体通信网络指标需求如下：

表3 无人机物流场景网络指标

业务属性	上行速率	下行速率	网络时延	定位	覆盖高度	覆盖范围
自动飞行	200Kbp	300Kbps	<500ms	<1m	100m	城区、城郊、农村
人工接管	6Mbps					
自动飞行	200Kbp		<200ms	<0.5m	100m	

✓巡检、救援、安防

无人机以成本低、灵活性强、安全性高、受自然环境及地形影响较小、视角更优等特点，越来越广泛地应用于基础设施巡检领域。主要包括：建筑外墙巡检、电力巡检、基站巡检、石油管线巡检以及河道巡检等。

无人机救援可以实现快速响应，在第一时间到达现场，迅速展开作业；实现通信中继功能，快速恢复现场局部通信；跟踪事件的发展态势，帮助指挥中心实施不间断指挥处理。

在安防领域，无人机可以鸟瞰地面实况，有利于掌握全局，通盘指挥和正确疏导。无人机可以低空飞行、路径短、速度快、变换视角灵活、活动范围大，可用于警务执行。联网使得无人机可以在线使用，发挥出“一架抵多架”的功能。

无人机需要具有优良的飞行稳定性、较快的反应能力、不间断地进行现场的实时跟踪，同时实时回传高清视频。具体来说，无人机此类业务的典型网络需求包括：实时视频传输（多路）、飞行状态监控、远程操控以及网络定位。

表4 巡检、安防、救援业务网络指标

业务属性	上行速率	下行速率	网络时延	定位	覆盖高度	覆盖范围
2K 巡检	6Mbps	300Kbps	<500ms	<1m	100m	覆盖基础设施
4K 巡检	25Mbps		<200ms	<0.5m	100m	

✓自主飞行

对于可以完成自主作业的无人机全自动系统，应具备的功能包括自动起飞、自动巡航、自动探测、自动回巢、自动充电、自动分析。首先无人机接受程序化指令控制，在指定时间完成起飞动作，按照既定的路线或根据指定起点、终点自动规划的路线航行，以对指定目标拍照、探测等任务为目的自动执行定点、环绕等动作，业务结束或电量不足时，无人机自动回巢完成充电动

作。与此同时，无人机通过网络回传相机、传感器等采集到的业务信息，通过人工或在云端进行自动分析。

无人机自主飞行的场景丰富多样，但无论是行业作业还是载人，无人机需要安全高速的网络保障实现高清实时视频传输（4K/8K）、飞行状态监控、远程操控、网络定位等需求，具体网络指标如下：

表5 自主飞行网络指标

业务	上行速率	下行速率	网络时延	定位	覆盖高度	覆盖广度
1080P	6Mbps	6Mbps	500ms	0. 5m	<100m	城市、旅 游景点
4 路 1080p	25Mbps					
4K	25Mbps	50Mbps	200ms	0. 1m	<200m	
4 路 4K	100Mbps					

2.2 技术方案

移动蜂窝网络除了需要满足无人机通信的数据类型和场景需求之外，还需解决无线通信环境差异带来的新问题。当前4G网络信号能够覆盖到300m高度时，可以支持物流等低速率无人机业务，不过存在以下潜在问题：300m以上覆盖不足、低空下行干扰严重、现网低空空域SINR（信号与干扰加噪声比）非常差，相对地面明显恶化，由于下行SINR恶化，现网低空空域掉线率很高、切换频繁，上行速率波动较大、未来无人机数量和上行数据传输增多，会对地面用户上行造成干扰。

5G网络新型架构、终端及无线接入技术可以进一步满足无人机的新需求。5G以用户级下行导频替代小区级下行导频，降低了无人机空中的下行干扰。无线接入网的创新架构，以用户为中心，突破用户与小区绑定的传统架构，联合优选多个物理小区链路随时随地适配用户体验，有效提升有用信号、降低信号衰落和干扰。同时因上层逻辑小区唯一识别，可成功减少小区间切换，提升无人机在空中的移动性。以业务为中心的云化架构，基于SDN/NFV（软件定义型网络/网络功能虚拟化）的网络将实现

更灵活的应用创新，满足多种行业多样化的业务需求，按需实现网络切片资源分配，为不同切片提供相应的QoS（服务质量）保障。网络切片使得一张5G网络上同时承载无人机大带宽、低时延、高可靠的多种不同应用。基站侧采用大规模MIMO（多输入多输出）天线技术，采用更窄的波束精确对准服务的无人机和地面终端，增强有用信号，并减少小区内和小区间干扰，从而满足无人机的下行较高可靠较低时延要求，以及上行大容量传输要求。针对无人机行业应用终端，将用三类模组来满足不同行业应用场景下的需求，包括：

- A类：保障安全飞行，无人机可视可管可控
- B类：无人机远程超视距实时控制+保障安全飞行
- C类：超大带宽，智能化分析

以基于5G网络的无人机视频直播作为例。在某市区标准性建筑的建设过程中，采用无人机的高清视频直播提供从空中俯瞰的实时画面，为近距离观察该建筑建设情况提供了极大的便利。另外，无人机还可以通过与之相连的5G终端，将异地风景名胜的高清视频信号实时传输到5G网络中，供不在现场的参观者用5G终端进行观赏。

2.3 未来发展趋势

当前，无人机与无线通信跨界融合的需求与趋势已经有目共睹，无人机5G应用的产业生态从无人机应用场景和通信需求、终端通信能力、无线技术等方面也初步成熟。未来，通过无人机5G应用领域的持续创新，将促进无人机在物流、巡

检、安防、救援、测绘、农业植保、直播、编队飞行甚至自主飞行等场景的网联化智能化建设，提升航拍、送货、勘探等各种各样的个人及行业业务体验，构成一个全新的、丰富多彩的“网联天空”。



图16 5G无人机应用未来发展展望

如图所示，5G无人机应用未来发展分三阶段推进：

第一阶段，网联：基于一张承载无人机和移动宽带用户的全联接网络，实现超视距无人机互联互通，研究在农业植保、编队飞行、娱乐及物流等场景下，如何提升无人机应用体验，降低人工成本。

第二阶段，实时：支持高清视频传输，提供高可靠低时延数据回传。结合5G 无线网络接入的增强移动宽带以及低时延高可靠等技术，将有效解决巡检、安防、测绘、救援等领域面临的人员伤亡、恶劣环境相关安全隐患问题，进一步提升无人机应用体验，加速行业转型升级。

第三阶段，智能：结合5G 与AI（人工智能）云端处理技术，通过无人机专网结合AI智能控制无人机的巡航、探测、回巢、充电等行为，彻底实现7×24小时无间歇巡航，进一步解放人力，提高效率，并避免作业过程中的人员伤害，实现无人机自主飞行，提升无人机应用效率，使人们能够随时随地获得无人机服务。

民用无人机应用前景广泛，是我国全行业数字化转型需要创新的5G技术和业务应用之一，也是中国制造2025十大领域中需要重点推动的新一代信息技术产业之一。无人机与通信的融合应用，将极大地加速民用无人机应用的普及，网联无人机作为一种信息终端类型的拓展，创新应用业务及应用空间都值得期待。

3. 医疗健康

目前，医疗健康行业正以4G等信息通信技术为依托，充分利用有限的医疗人力和设备资源，同时发挥大医院的医疗技术优势，在疾病诊断、监护和治疗等方面提供信息化、移动化和远程化医疗服务。5G将进一步创新医疗健康领域的智能化服务和应用，节省医院运营成本，促进医疗资源共享下沉，提升医疗效率和诊断水平，缓解患者看病难的问题，协助推进偏远地区的精准扶贫。

3.1 应用场景与需求

目前，医疗健康无线业务场景众多，围绕就医途径的不同，可分为医院内/医院间诊疗和管理、在途医疗应急救援以及社区/家庭医疗服务等。根据医疗业务的特征，可将其应用场景归为三大类：

第一类：基于医疗设备数据无线采集的医疗监测与护理类应用。如无线监护、无线输液、移动护理、机器人导医和患者实时位置采集与监测等。

第二类：基于视频与图像交互的医疗诊断与指导类应用。如实时调阅患者影像诊断信息的移

动查房、采用医疗服务机器人的远程查房、远程实时会诊、应急救援、无线手术示教和无线专科诊断等。

第三类：基于视频与力反馈的远程操控类应用，如远程机器人超声检查、远程机器人内窥镜检查和远程机器人手术。

这三类无线应用场景对网络的带宽和时延要求各有不同，具体要求如下图所示：

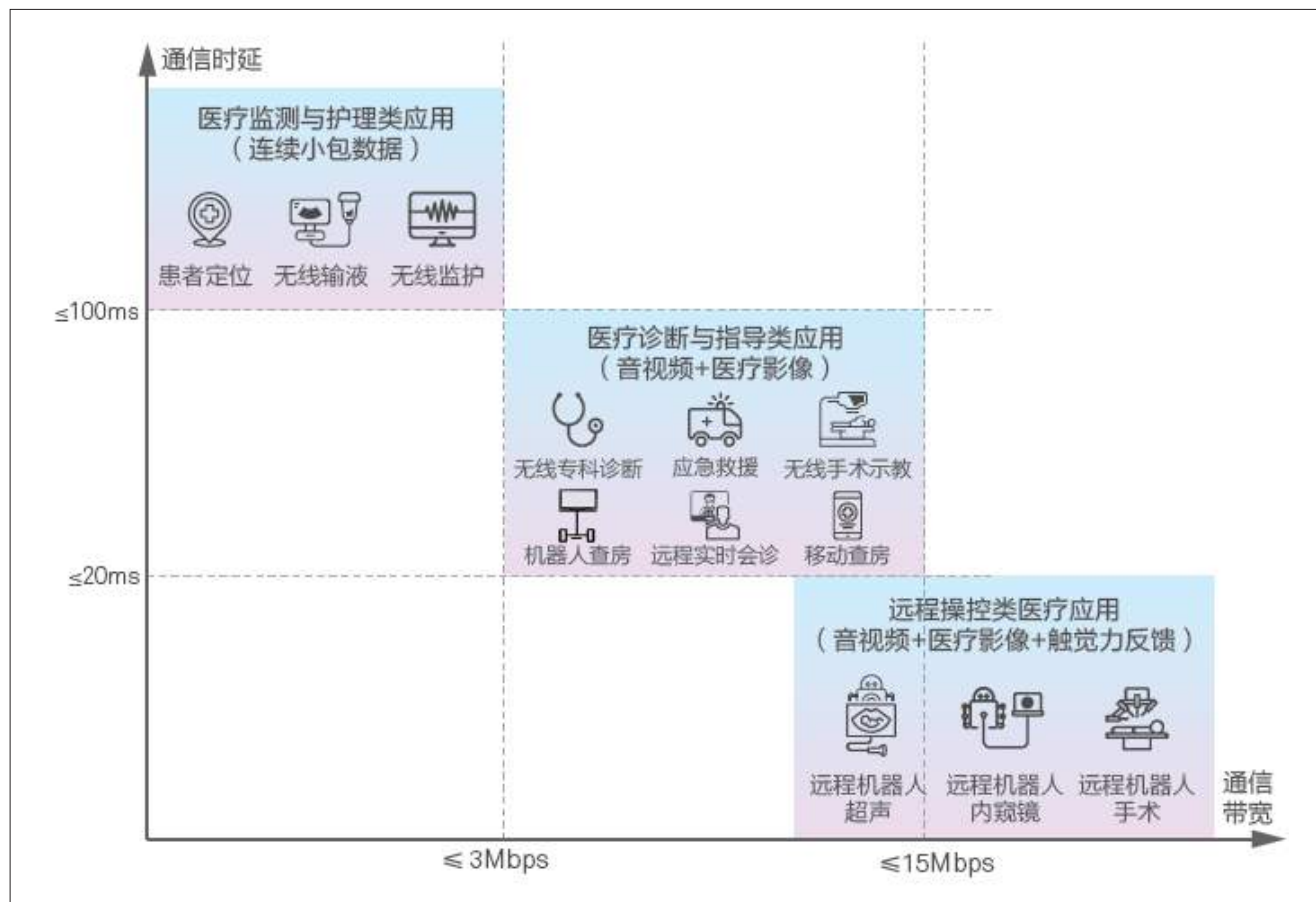


图17 医疗健康应用场景分类示意图

针对上述三类医疗健康业务，选取八大应用场景进行深入分析。

(1) 无线监护

通过对患者生命体征进行实时、连续和长时间的监测，并将获取的生命体征数据和危急报警信息以无线通信方式传送给医护人员。无线监护

使医护人员实时获悉患者当前状态，做出及时的病情判断和处理。

该应用主要适用于术后康复患者和突发性疾病患者，医院可采用无线可穿戴监护方式，实现无活动束缚的持续患者监护。

表6 无线监护场景对无线网络的需求

典型应用	定位精度	通信速率	通信时延	定位时延	覆盖范围
患者位置定位	室内: $\leq 10\text{m}$	上行 100Kbps	$\leq 200\text{ms}$	$\leq 2\text{s}$	医院住院楼全覆盖
生命体征监护和危急报警	/	上行 200Kbps			

(2) 移动查房

医生在查房过程中使用手持移动终端通过无线网络联接医疗信息系统, 实现电子病历的实时输入、查询或修改, 以及医疗检查报告快

速调阅。

考虑到需要在多个病房间穿梭查房, 无线网络需要无死角覆盖整个病区, 避免网络掉线重登录影响工作效率。

表7 移动查房场景对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	下载/上传时长	覆盖范围
影像报告下载	下行13Mbps	$\leq 100\text{ms}$	$\leq 3\text{s}$	医院住院楼全覆盖
电子病历查看	下行200Kbps			
医嘱单上传	上行200Kbps			

(3) 机器人查房

在远端医生的操控下, 控制机器人移动到指定病床, 调整机器人头部的屏幕和摄像机角度, 与患者进行高清视频交互, 实现远程查房, 提升

工作效率。大型医院专家对基层小型医院患者进行远程查房, 可实现优质医疗资源下沉, 提高医疗服务水平。

表8 机器人查房对无线网络的需求

典型应用		通信速率	通信时延	覆盖范围
机器人端	环境视频或患者视频(1080P)	上行5Mbps	≤50ms	住院病区
	控制信息	下行100kbps		
	医生视频信息(1080P)	下行5Mbps		
医生端	环境视频或患者视频(1080P)	下行5Mbps		
	控制信息	上行100kbps		
	医生视频信息(1080P)	上行5Mbps		

(4) 远程实时会诊

由远端医疗专家通过视频实时指导基层医生对患者开展检查和诊断的咨询服务。随着手持超声和移动数字X光摄影系统等移动式无线医疗设备的出现,越来越多的医疗检查开始由检查室延

伸到病房,从而推动了远程实时会诊延伸到患者床旁。

远程实时会诊基于高清视频,部分业务还需实时回传患者端的医疗操作手法,需要5G网络提供大带宽和低时延的通信保障。

表9 远程实时会诊对无线网络的需求

典型应用		通信速率	通信时延	覆盖范围
患者端	患者视频(1080P)	上行5Mbps	≤50ms	院内: 门诊检查室和住院病区
	超声影像(1080P)	上行5Mbps		
	医生视频(1080P)	下行5Mbps		
医生端	患者视频(1080P)	下行5Mbps		
	超声影像(1080P)	下行5Mbps		
	医生视频(1080P)	上行5Mbps		

(5) 应急救援

在疾病急救和自然灾害救援现场，医疗人员将伤情检查结果传输到应急指挥中心和医院，同时针对疑难病情患者，通过移动终端由医院进行远程救治指导。在急救车转运途中，医疗人员可通过移动终端调阅患者电子病历信息，通过车载

移动医疗装备持续监护患者生命体征，并通过车载摄像头与远端专家协同诊断治疗。

应急救援现场和救护车移动途中，均为室外环境，需要广域覆盖的网络。另外，医疗信息传输的安全性和可靠性需要做专门保障，5G可以很好地满足相关需求。

表10 应急救援对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	覆盖范围
高清视频传输（1080P）	5Mbps	≤50ms	院内院外全覆盖
远程超声影像（1080P）	5Mbps		
生命监护信息	200Kbps		

(6) 无线手术示教

通过术野摄像机对手术创口、手术台画面和医疗仪器（如内窥镜和监护仪等）画面进行在线实时采编录像和无线直播，实现手术音像资料存档、远程观摩教学和专家指导。可以帮助提升偏

远医院的医疗技术水平，支持手术现场医生和远端会诊专家或学员进行视频实时交流。

手术室设备多，线缆乱，影响手术操作活动，对5G无线通信需求强烈。

表11 无线手术示教对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信延迟	覆盖范围
手术创口或环境视频	上行 5Mbps	≤50ms	医院手术室全覆盖
监护仪画面视频	上行 5Mbps		
内窥镜影像	上行 5Mbps		

(7) 远程机器人超声

基于通信、传感器和机器人技术，由医疗专家根据患者端的视频和力反馈信息，远程操控机器人开展超声检查医疗服务。其中，视频交流通过医生端和患者端的摄像头完成，力反馈信息通

过机器人机械手传感器采集和反馈，远程操控通过操作摇杆完成。此外，超声机器人的控制和反馈信息需要低时延的可靠通信传输，以保障超声检查流畅开展，对5G网络有较高要求。

表12 远程机器人超声对无线网络的需求

典型应用		通信速率	通信时延	覆盖范围
患者端	患者视频（1080P）	上行 5Mbps	$\leq 20\text{ms}$	院内院外全覆盖
	B 超探头影像（1080P）	上行 5Mbps		
	医生视频（1080P）	下行 5Mbps		
	操作摇杆控制信号	下行 150Kbps		
	力反馈触觉信号	上行 150Kbps		
医生端	患者视频（1080P）	下行 5Mbps		
	B 超探头影像（1080P）	下行 5Mbps		
	医生视频（1080P）	上行 5Mbps		
	操作摇杆控制信号	上行 150Kbps		
	力反馈触觉信号	下行 150Kbps		

(8) 远程机器人手术

依托机器人、定位和传感等技术，为实现手术微创性，采用电子机械手开展手术。首先将手术方案参数传送给机器人，机器人进行手术位置精确定位，并根据医生指令执行自动化

或半自动化的手术操作。机器人手术定位有双目视觉和X光透视两种方式，视觉定位具有非接触性、较高的准确度和无辐射性的优点。目前网络难以满足相关需求，需要在5G网络中逐步实现。

表13 远程机器人手术对无线网络的需求

典型应用	通信速率	通信时延	覆盖范围
双目定位摄像头 (1080P)	10Mbps	$\leq 5\text{ms}$	广域覆盖
内窥镜三维视频 (1080P)	10Mbps		
操作摇杆控制信号	150Kbps		
力反馈触觉信号	150Kbps		

3.2 技术方案

无线医疗健康从逻辑上包含无线终端层、基础网络层、虚拟专网控制层和应用平台层，不同功能模块对于5G的技术需求如下：



图18 无线医联网逻辑功能图

无线终端：普通手机或无线医疗设备，比如移动护理终端机、移动查房终端机、医疗服务机器人、监护仪和超声等，其无线通信模组可直接接入到4G/5G网络。

基础网络：采用无线蜂窝网络（4G/5G）作为基础性网络，实现室内和室外广域连续性传输和7×24小时实时在线。5G给医疗健康带来无限潜能，对于医疗视频类业务，需要5G eMBB应用场景支持多路大流量高清视频，支持医疗VR/AR应用，如AR手术。对于医疗操作类业务，需要5G uRLLC场景，提供高可靠性和毫秒级低时延，支持远程触觉传递和眼球追踪应用，如远程手术。此外，5G mMTC应用场景提供的超大连接能力，能够在医院内外提供大量医疗设备联接，支持24小时实时健康监测。

虚拟专网控制：利用MEC边缘计算技术、5G网络切片技术，构建医疗健康虚拟专网，实现医疗业务系统、医生、患者、设备和救护车应急救援的连接，为医疗业务分配专有的无线空口资源和控制管理，保障实时性、可靠性和安全性。

3.3 发展中存在的问题

5G医疗应用顶层设计不够完善，缺乏相关文件引导。目前，国家层面未出台相关文件引导5G医疗的创新应用。需要国家层面协调设计跨行业

应用，形成统筹机制，并加强监管保障，引导5G医疗行业创新应用健康良性发展。

缺乏5G医疗的试验验证和标准体系。无线医疗健康应用场景众多，不同应用场景对于网络的需求差别较大，目前基于5G医疗应用的试验验证尚未展开，缺乏对5G医疗相关技术方案以及样机设备的验证，尚无具体标准规范定义5G医疗的网络指标要求，尚未建立标准体系。

各医院医疗业务与无线网络结合不足，信息化程度参差不齐，存在稳定性和安全性隐患。目前，国内各医院医疗服务无线化程度较低，例如我国多数急救车尚不具备远程诊疗能力，导致脑卒中、心脏病等患者在“黄金抢救时间”内难以得到有效救治。此外，由于国内对医疗机构信息化建设缺少明确规定，有些医院的信息化程度相对滞后，存在稳定性和安全性隐患。

3.4 5G医疗健康未来发展趋势

5G医疗应用逐步从院内应用向院间、家庭应用过渡发展。目前医疗业务的开展主要在医院内部开展，随着5G即将商用，便携、无线化医疗设备资源将逐步走进基层医疗机构和个人家庭，实体大型医院将逐步支持院间的远程医疗业务，预计将在2022年实现5G医疗院间应用，并逐步发展为面向医联体、社区、家庭的医疗服务网。

5G可实现医疗健康应用中各要素之间的全连接。随着智能医疗业务走向云化，医疗设备、信息系统、医务人员、患者、管理人员将通过5G等无线网络实现互联互通，预计在2019年部分大型三甲医院可以实现医院内医疗全连接，在2020年实现区域远程医疗全连接，并逐步实现智能医疗全联接。

医疗信息服务逐步从无线化走向远程化、智能化。结合5G、人工智能以及云计算，实现医疗线上线下对接，通过便携式5G医疗终端与云端医疗服务器或远程医疗专家沟通，享受随时随地的医疗服务。

4. 工业互联网

随着工业互联网发展，工业生产可实现资源优化、协同合作和服务延伸，提高资源利用效率。5G与工业互联网结合，既可以满足工业智能化发展需求，形成具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，也将是新一代信息通信技术与工业领域深度融合所形成的新兴应用模式，更会在此基础上形成的全新工业生态体系。

4.1 应用场景与需求

随着新一代信息通信技术与工业的深度融合，无线网络技术将逐步向工业领域渗透，在

企业内网中，5G将成为工业有线网络有力的补充或替代，如5G的mMTC场景将会成为低功耗、广覆盖、大连接等工业信息采集和控制场景中较好的技术选择；uRLLC被设计用于工业控制、工厂自动化、智能电网等，满足高可靠、低时延的业务需求；SDN可将企业生产内部网络资源进行编排，实现灵活组网，以满足智能机器的柔性生产。同时，在企业外网中，SDN、NFV等5G新型网络技术，可以有力支撑工业互联网中个性化定制、远程监控、远程运维、智能产品服务新模式、新业态的发展。5G网络切片也将支持多业务场景、多服务质量、多用户的隔离和保护。可见5G是满足工业互联网网络需求的关键技术之一。

5G将会应用在以下工业互联网典型场景：

(1) 通过AR操作工业机器人进行智能化生产

在生产装配操作过程中，采用5G AR眼镜通过网络与云端服务器通信，传输工业机器人操作手册及所生产的信息等，机器人通过网络与云端服务器通信，反馈当前状态信息，准确执行云端下的控制指令。远端专家通过5G网络实时传送AR影像，可协同操作工业机器人进行工业生产过程中的上下料、视觉智能检测与分拣等。采用AR操作柔性协作工业机器人，可进行各种单调、重复性高、危险性强的工作。

(2) 通过AR进行辅助设计和协同设计

使用AR增强现实技术，可以将产品设计从平面搬到立体空间，配合AR眼镜通过5G网络传送的影像，设计师在设计阶段可通过AR技术将设计师的创意快速、逼真地融合于现实场景中，同时对于同一产品的多个零部件设计，不同企业设计不同的部件，也可通过AR技术在设计阶段就进行零件的相互匹配，对最终产品有直观和切身的感受，优化完善设计方案，降低企业生产成本。

(3) 产品远程运行情况监控和维护

目前常用的设备维护方式是由客户现场人员报告故障，厂家售后人员根据客户描述、图片/视频以及从设备收集的远程数据给出维修建议，或厂家指派专业技术人员到现场进行故障检修。随着设备集成度、复杂度越来越高，操作人员的经验缺乏使得设备的维修变得越来越困难。

随着5G的发展，可通过在设备上加装多个5G传输模块，使得设备各主要部件的运行情况能够实时回传给厂家，并通过设定的阈值，对设备的运行情况进行判断，并对临近阈值的部件发出预警信息，告知相关人员进行保养维护，降低企业成本。同时当设备出现故障时，可借助AR技术，远程直观查看设备当前的情况及故障点，转变原有的设备运维方式，降低企业成本，提升效率，保障质量。

(4) 智能化仓储物流

智能化仓储物流应用涵盖仓储物流作业的入库、仓储、出库、运输四个环节。需针对仓储物流的不同环节、不同业务特性做网络保障，确保整体业务有序、可靠开展。同时需要利用5G的大带宽、高可靠、低时延、大连接的网络特性，满足货物在入库、仓储、出库、运输中应用机器视觉、AGV（自动导引运输车）、无人机、无人车等信息通信需求，对货物进行物流管理。

4.2 5G在工业互联网领域应用中存在的问题

工业互联网仍处于起步阶段，工业企业对5G网络技术认知度不强，特别是对相关技术参数了解不深，在选择无线网络技术时对其速率、时延、可靠性、容量、安全性等心有疑虑，阻碍无线技术在工业领域的渗透。

虽然3GPP已经定义了5G的三大场景，但随着技术和产业的快速发展，5G将会应用于更多的领域或新的业态，相关标准工作有待加强。目前5G标准制定及产业应用，仍以信息通信企业为主导，需引导工业企业积极参与相关工作，制定在工业互联网领域中切实可行的应用5G的解决方案，同时联合工业企业开展相关标准研制。

很多工业企业对于工业互联网的应用也仅仅是刚刚开始探索，而5G也尚处于试验阶段，虽然已有运营商与企业合作，在5G试验地区开展5G

在工业互联网领域的应用探索，但仍处于初级阶段，未能形成规模和影响。

4.3 5G在工业互联网领域未来发展趋势

随着工业互联网的发展及对网络的需求，5G将作为一项重要技术普遍应用于工业互联网，不断地打通工业领域“信息孤岛”，海量的设备产品联网，以及工业设计、研发、生产、管理、服务等将对网络提出更高的要求。目前已有少量企业开展5G工业互联网领域的应用探索，并随着国家“制造强国”战略部署，实践范围（包括业务、地域范围）将逐渐扩大。待5G技术成熟时，工业互联网将普遍应用5G来解决企业内网和企业外网中存在的问题，同时将引入TSN（时间敏感型网络）技术等新型网络技术，来更好地满足工业互联网发展需要，实现工业的网络化和智能化。

5. 车联网

车联网是智慧交通中最典型、前景最广的应用。车联网通过借助LTE、5G等无线通信技术将车与一切事物相连接，将“人—车—路—云”等交通参与要素有机地联系在一起，不仅可以支撑车辆感知更多的信息，促进与自动驾驶技术的融合应用；还有利于构建一个智慧的交通体系，促

进汽车和交通服务的新模式新业态发展，对提高交通效率、降低事故发生率、改善交通管理具有重要意义。

5.1 应用场景

车联网主要有信息娱乐类、安全与效率类、协同类三类应用场景，随着5G等技术成熟，将有能力支持实现更高级别、更智能化的应用场景。

（1）信息娱乐服务类业务

目前很多车辆已经加装了车载无线通信模块，通过3G/4G移动网络，用户可以体验到在线导航、歌曲下载等多媒体服务和在线更新等系统服务。同时，车联网与定位、移动支付等相结合，衍生出了打车、拼车等基于地理位置信息的移动出行业务。基于车辆状态信息采集与分析等，部分汽车厂商和互联网公司也支持开展汽车在线养护管理和汽车保险等服务。

以紧急呼叫业务为例，当车辆出现紧急情况时（如安全气囊引爆或侧翻等），能自动或手动通过网络发起紧急救助，并对外提供车辆类型、交通事故时间地点等基础数据信息。服务提供方可以是政府、运营商或第三方紧急救助中心等。该场景需要车辆具备V2X通信的能力，能与网络建立通信联系。

表14 紧急呼叫业务对网络的需求

典型应用	定位精度	消息频次	通信时延	覆盖范围
紧急呼叫	$\leq 2\text{m}$	1次/s	$\leq 500\text{ms}$	所有车辆

(2) 安全与效率服务类业务

随着5G技术在低时延、高可靠方面能力的增强，可以支持提供主动安全预警、交通出行效率提升类服务，包括车与车在行驶中出现紧急刹车、逆向超车的预警，在交叉路口防止不同方向车辆发生碰撞，给予预警提示，道路限速、危险、交通灯提醒等广播提示，驾驶员掌握车速，提高交通效率。特别是在高速公路等快速路段，通过车联网技术，前车辆感知事故后可提早通知

后车，提早预判、避免连环追尾事故。

以交叉路口碰撞预警为例，在交叉路口，路侧基础设施检测到有碰撞风险时，将对受影响区域内的车辆发送告警信息；同时，车辆探测到与侧向行驶的车辆有碰撞风险时，通过预警提醒驾驶员并发送碰撞告警信息给受影响车辆，以避免碰撞。此外，车辆需要具备广播V2X消息等能力，与周围车辆建立通信联系。

表15 交叉路口碰撞预警对网络的需求

典型应用	定位精度	消息频次	通信时延	覆盖范围
交叉路口碰撞预警	$\leq 1\text{m}$	$\geq 10\text{次/s}$	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 300\text{m}$

以车速引导为例，路侧基础设施收集交通灯、信号灯的配时信息，并将信号灯当前所处状态及当前状态剩余时间等信息广播给周围车辆。车辆收到该信息后，结合当前车速、位置等信息，计算出建议行驶速度，并向车主进行提示。

有助于提高车辆不停车通过交叉口的可能性。该场景需要路侧基础设施具备收集交通信号灯信息，并向车辆广播V2X消息的能力，周边车辆具备收发V2X消息的能力。该场景对于各通信指标的要求为：

表16 车速引导业务对网络的需求

典型应用	定位精度	消息频次	通信时延	覆盖范围
车速引导	$\leq 5\text{m}$	$\geq 2\text{次/s}$	$\leq 100\text{ms}$	$\geq 150\text{m}$

(3) 协同类业务

5G等技术成熟将有能力支持实现高级别的自动驾驶应用，促进车联网应用将向着协同式、智能化方向发展，支撑构建“人一车一路一云”高度协同的智慧交通体系。3GPP将车联网增强应用场景分为四类：车辆编队行驶、高级别自动驾驶、传感器信息交互和远程遥控驾驶。这四类应用场景对无线通信技术演进提出了更高的要求，即不仅仅是时延，还包括可靠性、吞吐量、车联网用户密度、安全等方面。IMT-2020 C-V2X工作组、5GAA也已经启动C-V2X业务需求演进的研究，进一步推动5G技术支持车联网应用服务。

以远程遥控驾驶为例，车辆配置多个环视高清摄像头及高精度传感器，如激光雷达、毫米

波雷达、超声波雷达等，依托于5G网络的大带宽、低时延、高可靠特性，将感知信息实时回传到远程驾驶端。在远程驾驶端通过服务器处理构建360视角VR+模拟驾驶舱环境，驾驶员根据模拟环境及传感辅助信息进行判断，对远程车辆实施操控，将方向、油门、制动等控制信息通过5G网络传输到车辆内部，实现对车辆的远程驾驶操控。

5.2 5G网络需求

当前4G网络能够满足信息服务类业务，以及部分主动安全预警和效率安全类业务的需求，但不能满足高级别自动驾驶等协同类业务的要求，一方面是传输带宽不足，远程遥控驾驶、传感器信息交互等对视频传输有实时要

求，当前4G带宽有限，尤其是上行速度受到限制，需要采用5G新空口技术实现速率的100倍提升，以及单用户的速率提升；另一方面是网络时延过大，远程遥控驾驶、车辆编队行驶等增强应用需要超短的时延。当前4G空口传输时延大，无法满足低时延控制指令的要求，还要考虑车辆高速移动性以及车联网用户密度等方面的需求。

5G网络的低时延高可靠和大带宽特性带来实时远程控制在垂直行业领域的广泛应用的可能性，有能力满足车联网协同类业务的高带宽需求。

（1）超高带宽

车联网协同类业务大多需要多个传感器和高清摄像头数据、VR回传，如感知信息交互、远程遥控驾驶等，对上行带宽要求较高。5G网络可以实现中频3.5GHz时下行峰值速率1.3Gbps和上行峰值速率175Mbps；高频26GHz时下行峰值速率6.5Gbps/13Gbps和上行峰值速率1.75Gbps。因此，5G网络有能力满足车联网协同类业务的高带宽需求。

（2）低时延高可靠

充分利用5G网络低时延能力匹配，5G的空口时延有大幅提升，用户面时延最低可以达到1ms，5G的核心网络时延大约为5ms–10ms，能够基本满足车联网协同类业务的时延需求。与此同时，uRLLC可以满足车联网协同类业务99.999%的可靠性要求。

（3）多接入边缘计算

多接入边缘计算（MEC）的基本思想就是把云计算平台迁移到移动接入网边缘，将传统电信网络与互联网业务进行深度融合，减少移动业务的端到端时延，有助于提升无线网络的内在能力。基于MEC建立车联网应用服务器，构建面向运营商、路政建设、汽车厂商的基础数据平台，不仅可以进一步降低5G核心网的时延，还可以提供车联网协同类业务所需要的路侧感知和计算能力。

5.3 存在问题及发展趋势

当前车联网与5G的融合创新发展还处于初级阶段。由于车联网涉及汽车、信息通信、公安、交通等多个领域，跨行业属性特征突出，因此推进过程中还存在顶层设计规划协同、标准体系统一、端到端互操作测试等方面的挑战。我国政府和产业各方应加强跨部委跨行业合作，明确C-V2X作为我国车联网无线通信技术的技术路线选择，共同出台支持C-V2X技术应用推广的产业发展政策，制定技术产业化发展的路线图、详细任务目标和计划，抢占V2X技术、标准及产业的制高点，实现车联网产业的健康发展。

随着LTE-V2X车联网无线通信技术的标准化完成和产品成熟，IMT-2020 C-V2X工作组于2017年底组织完成了对标3GPP Release14的异厂家互操作测试试验，并于2018年推动跨行业企业共同探讨C-V2X测试认证评估体系建设和大规模测试验证，期望2019年底LTE-V2X在我国可以实现商业化推广应用。

5G-V2X的标准化工作将于2018年6月才在3GPP开始立项研究，考虑到标准制定、技术研发过程中面临的多种影响因素，2019年计划开展5G-V2X的Uu接口技术试验，支持实现远程遥控驾驶等车联网协同服务业务。5G-V2X技术的商业化推广应用尚无法确定。

5G应用发展趋势及措施建议

1. 5G融合应用已经成为汇聚创新要素的集成器

5G已经点燃全社会创新的热情，5G融合应用已经成为汇聚产、学、研、用以及创新各类要素的集成器，成为国家创新驱动发展战略的重要推进器。5G在各行各业的应用前景已经得到全社会的广泛关注，通过“绽放杯”5G应用征集大赛，越来越多的行业、企业及个人团体融入到5G融合应用的创新和产业体系中来。产业各方已经围绕各类融合应用开展市场培育，并基于5G技术开展创意构想、需求调研、功能设计、初步开发及原型设计。这些应用将成为5G试商用的种子，在5G发展中绽放光华，开出绚丽的“5G之花”。

2. 面向5G应用的四层体系逐渐清晰

通过“绽放杯”5G应用征集大赛，面向5G的应用体系雏形逐渐清晰。5G应用体系目前可大致分为终端层、网络层、计算处理和数据分析层、应用层四层。终端层包括传感设备、操作系统、芯片模组等，具体终端类型将包含智能手机，机器人、无人机、摄像头、传感器等，实现面向应用的感知、反馈和操控等功能。网络层通过网络切片提供eMBB、mMTC、uRLLC三大技术应用场景所需的广覆盖、大容量、大连接、低时延等网络能力。计算处理和数据分析层将提供云计算、边缘计算、大数据、人工智能等数据处理、挖掘、分析能力。应用层在终端层、网络层、计算处理和数据分析层之上，基于下层的能力实现5G与工业、农业、交通、医疗、环保等各个领域各个行业的融合应用。

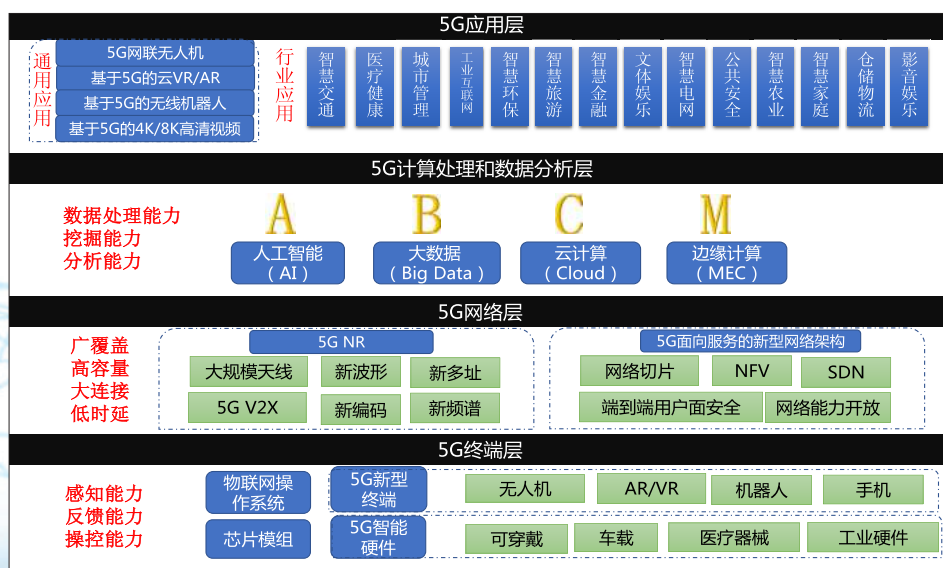


图19 面向5G应用的四层体系

3. 面临的问题与挑战

各类应用发展的问题有各自原因，但未来5G应用的发展与壮大，仍然面临诸多共性问题。首先，5G融合应用的推动目前仍以通信行业为主，垂直行业客户、垂直行业主管部门、各地政府、产业园区及应用产业环节参与力度有限，通信行业对各行业需求的深度挖掘不足，而行业客户对5G技术理解有限；其次，5G应用缺乏清晰的商业模式，行业痛点与5G的结合仍需进一步寻找突破，需要产业各界深入探索与垂直行业共赢的全新商业模式；最后，5G应用生态体系尚需完善，5G应用、网络、终端及计算处理和数据分析四层架构虽然初具雏形，但仍需要进一步加强协同，使5G应用的发展能与5G网络商用、终端形态创新、计算处理能力提升协同推进，形成端到端的完整生态和解决方案。

4. 推动5G应用发展的举措及建议

4.1 加强5G应用顶层设计，统筹各类应用协调推进

结合5G商用部署，针对5G应用进行顶层设计，规划5G应用与网络协同推进路线图，统筹把握重点应用发展关键节点。从国家层面，建立跨行业、跨部门协调推进机制，明确车联网、VR/AR、医疗健康、工业互联网等5G重点应用的发展规划和具体行动计划，围绕技术、标准、产业、政策等方面与5G商用部署实现全方位协同。营造良好的5G应用创新政策环境，研究制定支持5G融合应用发展的政策、法规、监管、金融措施，完善电信、工业、交通、医疗等行业管理法规。

4.2 5G应用与试验深度结合，扩大试点示范效应

推动5G各类应用与5G产品研发试验深度结合，完成基于5G的VR/AR、无人机、车联网、工业互联网等融合应用产品研发、组网试验和应用示范，以试带用，形成技术、标准、产业、应用的良性循环。通过试点示范，进一步扩大5G应用的宣传和影响，加深社会各界对5G应用的理解，吸引更多行业参与5G应用创新。

4.3 构建5G应用创新推进机制，营造5G应用生态体系

通过各级政府、行业协会和产业联盟，围绕业务需求、技术服务、应用孵化、资金扶持等5G应用发展的关键环节，对接各方需求，构建全面的5G应用创新推进机制，通过5G应用征集大赛等创新形式，以赛促用，实现应用、终端、网络、计算处理/数据分析四层之间的深度耦合，围绕5G营造产业与应用生态体系。

4.4 开展全方位、多层次合作，打造地方特色5G应用

积极扩大5G应用合作范围，创新合作模式，与各级政府、各领域展开全方位、多层次合作，发挥政府专项资金和社会资金的作用，为5G应用发展提供更广阔的空间。同时，发挥地方政府积极性，鼓励各地各部门结合当地经济社会发展需求和水平，对各行业领域应用再进一步细分，形成5G本地特色应用，为5G助力数字经济发展打下坚实的基础。

CAICT
中国信通院



联系方式

电话: +86-10-62300164

邮箱: imt2020@caict.ac.cn

COPYRIGHT © 2018 CHINA ACADEMY OF INFORMATION AND
COMMUNICATIONS TECHNOLOGY AND IMT-2020(5G) PROMOTION GROUP.
ALL RIGHTS RESERVED.