



5G 在垂直行业中的应用

Applications of 5G in Vertical Industry

陆平/LU Ping^{1,2}李建华/LI Jianhua^{1,2}赵维铎/ZHAO Weiduo^{1,2}

(1. 中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057;

2. 移动网络和移动多媒体技术国家重点实验室, 广东 深圳 518057)

(1. ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China;
2. State Key Laboratory of Mobile Network and Mobile Multimedia Technology, Shenzhen 518057, China)

摘要: 提出 5G 在各行业领域成熟度及应用进程时间表, 包括增强现实(AR)/虚拟现实(VR)/混合现实(MR)/全息现实(HR)、车联网、智能电网及智能制造等。对 5G 在典型垂直行业应用特点、主要应用场景进行分析, 提出相应场景下对 5G 的关键技术指标要求, 并对今后 5G 在垂直行业领域应用的深入开展和落实提出建议。

关键词: 5G; AR/VR/MR/HR; 车联网; 智能电网; 智能制造

Abstract: In this paper, the maturity and application schedule of 5G in various industries are proposed, including augmented reality(AR)/ virtual reality(VR)/ mixed reality (MR)/ holographic reality (HR), vehicle networking, smart grid, intelligent manufacturing. The application characteristics and main application scenarios of 5G in typical vertical industries are analyzed, and the key technical requirements of 5G in corresponding scenarios are put forward. Finally, some suggestions on the further development and implementation of 5G in vertical industry are proposed.

Key words: 5G; AR/VR/MR/HR; vehicle networking; smart grid; intelligent manufacturing

DOI: 10.12142/ZTETJ.201901011

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20190130.1603.004.html>

收稿日期: 2018-12-28

网络出版日期: 2019-01-30

1 5G 技术特征及典型应用场景

随着第 5 代移动通信(5G)第 1 阶段标准的冻结及规范发布, 我们已处于 5G 商用的前夜。大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入、软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV)、边缘计算、网络切片、人工智能等全新技术的应用将为我们呈现出一系列令人振奋的网络能力: 1 Gbit/s 的平均体验速率、10 Gbit/s 的峰值速率、每平方千米超过 100 万的连接数、1 ms 的超低空口时延等。

伴随着网络基础能力的提升, 5G 必将为垂直行业的数字化转型带来重大机遇^[1-2]。

一些主要的标准组织也给出了 5G 的典型应用场景。第 3 代合作伙伴计划(3GPP)将 5G 应用分为 2 大类: 移动互联网应用及物联网应用; 国际移动通信系统(IMT)-2020(5G)推进组定义了 4 个 5G 主要应用场景: 连续广覆盖、热点大容量、低功耗大连接、高可靠低时延; 国际电信联盟(ITU)定义了 3 个主要应用场景: 增强型移动宽带(eMBB)场景、大规模机器通信(mMTC)场景、高可靠低时延通

信(uRLLC)场景^[3-5]。

以 ITU 定义为例, eMBB 主要实现更大带宽的移动宽带应用。物联网类应用包括 mMTC 及 uRLLC 2 大场景, 依托 5G 的大连接及高可靠低时延特性, 工业控制、车联网、无人机等领域将获得发展, 并进一步带来物联网芯片模组、网络及垂直应用领域的发展机遇。

当前, 全球运营商及相关行业纷纷展开 5G 相关应用的研究及孵化, 覆盖了移动监测控制、超高清视频、增强现实技术(AR)/虚拟现实技术(VR)、游戏、无人机、车联网以及智慧的

城市、电网、工厂、教育和医疗等众多场景,进一步推动 5G 与垂直行业应用的深度结合,助力整个社会的数字化转型。总体来看,5G 新业务将会分阶段逐步成熟。如图 1 中所示,5G 初期核心应用仍然是面向各领域的泛视频和图像的传输处理场景,如 AR/VR 类、超高清视频及图像类等应用。

2 5G 助力垂直行业发展

2.1 5G 对 XR 的发展提供机遇

XR 是 VR、AR、混合现实(MR)、全息现实(HR)多种视频呈现和交互方式的总称。

XR 在可视化、交互方式 2 个核心能力方向上引入了突破性的革命,在我们当前能预见的场景下,在特征及体验方面,XR 将

给通信业务带来质的飞越,并使得未来不可预见的场景充满期待和可能性。此外,XR 在各个垂直领域也有着非常广阔的行业应用场景和增值空间,如在自动驾驶、移动监测控制、智能制造、家庭娱乐、智慧零售、智慧教育等。

基于 XR 的通信业务在众多的垂直行业应用中有着广阔的前景。

(1) 虚拟原型。

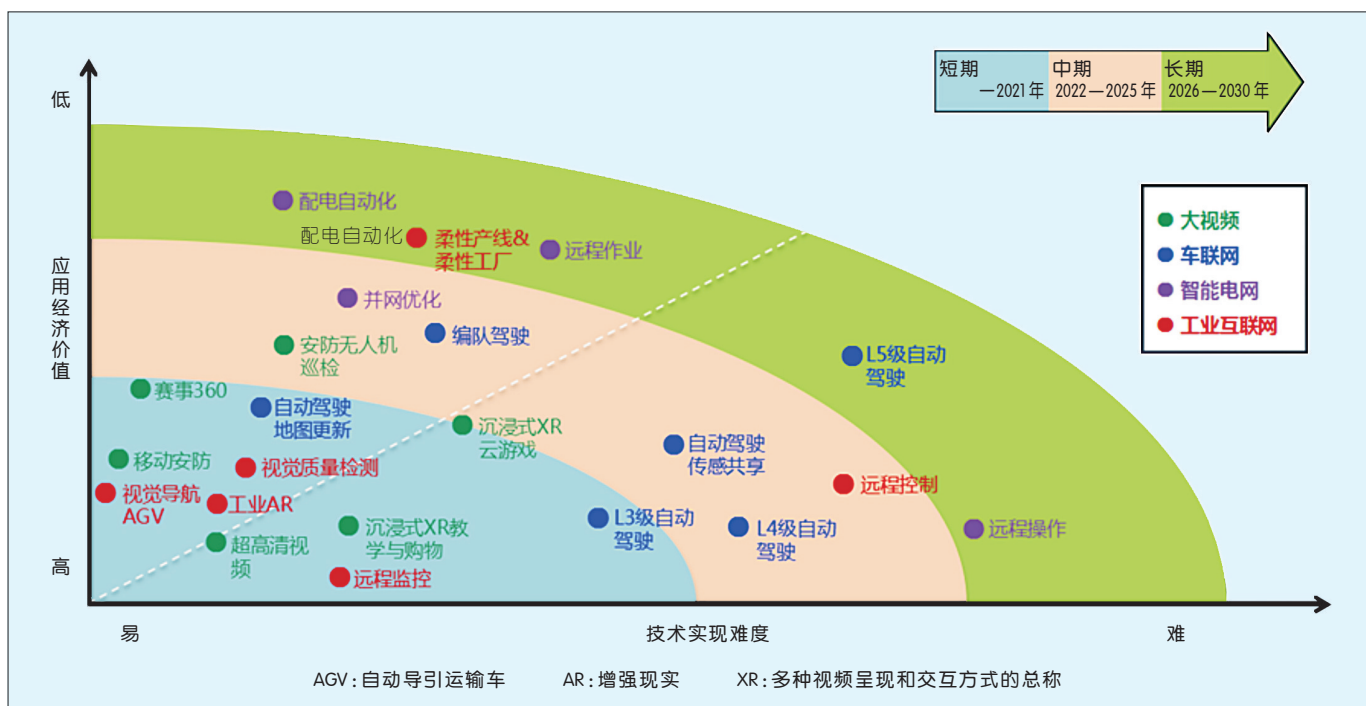
虚拟原型设计使设计师能够与包含原型的虚拟世界快速地进行交互并修改,也能够带客户进入构造的虚拟世界以便交流想法。XR 的虚拟原型设计在商业中有重要的用途,包括房地产、建筑业,以及飞机、航天器、汽车、家具、服装和医疗器械的设计。

(2) 教育。

对于 XR 教育来说最大的前景在于人文学科,例如历史学、人类学和外语。用户既可以通过虚拟现实界面观看实体博物馆,又可以直接在虚拟博物馆中扫描和展示文物。

(3) 健康医疗。

分布式医疗的发展趋势越来越明显。医生能通过远程呈现提供指导建议,并且运用 XR 技术来培训。在 XR 的另一用途中,医生可以让自己沉浸在利用医疗扫描数据生成的 3D 器官模型中。另外的一类应用是通过 XR 直接提供理疗以帮助病人,包括通过重复地暴露克服恐惧症和压力失调,改善或维持认知技能以对抗老化,并且改善运动技能以解决身体平衡或者神经系统紊乱失调等问题。



▲ 图 1 5G 在各行业领域成熟应用进程

(4) 增强和混合现实。

在增强和混合现实的应用中,用户可以通过叠加一些附加图形来观看真实世界,以增强其外观。通过在现实世界中放置文本、图标以及其他图形,用户可以利用互联网的力量来辅助许多操作,例如导航、社交互动和机械维护。在工厂的环境中,工人可以在需要组装的零件上看到标识,或可以直接看到机器的内部来确定潜在的、需要替换的零件。

虽然 XR 有着非常广阔的应用价值和适用场景,但 XR 对整个通信过程的低延时、高带宽、大并发提出了极严格的要求,具体如图 2 所示。

XR 不同体验下的业务及网络指标如表 1 所示。

5G 下 XR 视频应用主要包括面向个人(2C)和面向企业(2B)2个场景:2C是现有大视频家庭业务在 5G 下的延伸;2B 主要指 5G 下的垂直行业应用,例如旅游、教育、医疗、无人机、工业等。

▼表 1 XR 不同体验下的业务及网络指标

阶段	VR	AR	MR
商用时间预测	2018—2021 年	2022—2025 年	2026—2030 年
视频分辨率/K	4~8(全景)	2~4	2~4
3D 业务内容分辨率/K	2~4	2~4	2~4
视场角/度	90~110	40	80
色深/bit	8	8	8
编码标准	H265	H265/H266	H265/H266
帧率/(帧/秒)	30(视频) 50~90(强交互)	50~90	50~90
码率要求/(Mbit/s)	≥40	≥20	≥20
带宽要求/(Mbit/s)	≥60	≥40	≥40
RTT 要求/ms	≤20	≤15	≤15
丢包要求	≤9E-5(视频) ≤1.00E-5(强交互)	≤1.00E-5	≤1.00E-5

AR:增强现实 VR:虚拟现实 MR:混合现实 RTT:往返时延

(1) 5G 下 XR 视频业务的 2C 场景。

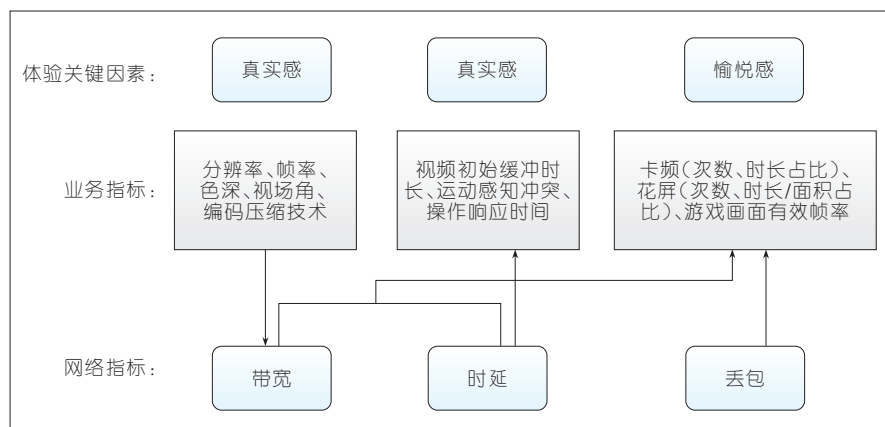
2C 也就是通常所说的面向 C 端用户的超高清分辨率(UHD)和 AR/VR 视频。目前在这些业务的推广上仍存在一些瓶颈需要通过视频平台协助解决,主要表现为:内容缺乏;终端成本过高,终端体验度不佳(比如目前的 VR 头显)等。

• 针对内容缺乏的问题。5G 下的内容将改变从中心产生分发至边缘的模式,更多的内容

将直接产生于边缘,为此基于移动边缘计算(MEC)实现内容的本地生产将尤为重要。同时,在云端基于人工智能(AI)算法,将现有高清内容转为超高清,也将有助于产生更多 UHD 内容。

• 针对终端成本过高和体验不佳的问题。需要终端将渲染、计算功能卸载至边缘 MEC,由此降低终端的重量、成本,提升接纳度。只有终端做到易于推广,VR 业务才能真正推广开。

• 针对 UHD/VR 内容的体验不佳的问题。考虑通过视频业务专有切片网络,保障优质内容或用户群的观影体验/服务质量(QoS)。这个过程需要云端、边缘甚至终端针对不同的业务和用户类型以及优先级做切片,形成专属保障。基于我们目前的研究,5G 网络携带的 QoS 流识别(QFI)参数可以用作此类切片需求(优先级)识别。除此之外,低时延、视角(FoV)、越过运



▲图 2 多种视频呈现和交互方式的应用场景客户体验与移动通信关键指标

营商提供开放互联网服务(OTT)组播等技术的应用有助于QoS的提升。

除了入户的家庭媒体业务外,5G下的场馆场景(如针对场馆内大型赛事、演唱会)也存在以上类似需求;但场馆场景下在MEC平台上会加载更多的视频业务功能模块,如场内多视角的切换、UGC内容的实时剪辑&上传、元数据的加载&呈现、定向广告的实现等。

(2)5G下XR视频业务的2B场景。

2B场景下需要聚焦的问题与2C略有不同。B端需要我们的视频平台有对外开放的能力,供垂直行业灵活调用,所以需要在MEC及视频的核心平台上形成面向垂直行业的业务能力切片。此外,垂直应用当前存在过于离散的问题,需要在云端对离散应用进行汇聚。故在2B场景下需要:

- 对外开放视频核心能力,在MEC上形成能力切片,供垂直应用按需调用。

- 云端对垂直应用形成有效汇聚,将同质化需求整合,并能够由单一应用复制到同类应用,再扩展至同行业应用,最终形成标准。

2.2 5G满足车联网统一链接需求

车联网是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础,按照约定的通信协议和数据交互标

准,在车辆到任何事物(V2X)(X是车、路、行人及互联网等)之间,进行无线通信和信息交换的大系统网络。近年来,因汽车数量持续增长而引起的交通安全、出行效率、环境保护等问题日益突出,车联网相关应用需求受到了广泛关注^[6]。

5G移动通信技术在低时延、高带宽、高移动性车联网场景中,以其更加灵活的体系结构解决了车联网多样化的应用场景中差异化性能指标带来的问题,使车辆和车载终端在高速移动下获得更好的性能。另外,随着MEC、网络切片等5G新技术的不断完善,移动通信技术将与汽车行业深度融合,将会改变汽车使用、保有和交通运输本身的传统模式。

借助于人、车、路、云之间的全方位连接和高效信息交互,车联网正从信息服务类应用向交通安全和效率类应用发展,并逐步向支持实现自动驾驶的协同服务类应用演进。未来,5G很有可能作为统一的连接技术,满足远程操作、自动和协作驾驶等连接需求,并在车辆自动驾驶及安全、道路交通管理等方面得到广泛应用。以下我们将介绍几个基于5G技术的典型车联网应用场景。

(1)信息服务类场景。

提供信息服务能够有效提高车主驾车体验。典型的应用场景包括高精度地图下载/更新、在线导航服务、交通信息获

取等。未来,满足高带宽、移动性需求的5G网络可以为车联网用户提供实时、准确的路况、天气等服务。车辆通过网络与MEC云端服务器连接,请求信息服务,应用服务器通过多渠道收集的数据进行综合分析,将最优信息发送给车辆,随时在有网络覆盖的地方为用户提供服务。

(2)交通安全类场景。

提升交通安全对于避免交通事故,降低事故带来的生命财产损失有十分重要的意义。未来自动驾驶车辆的感知能力建立在多种信息来源(例如雷达、激光传感器、车载摄像机、高精度地图等)的交换共享和数据融合的基础之上,5G网络可以满足其接近100%的高可靠性、毫秒级端到端时延和每秒上百兆传输速率的需求。通过车载终端将本地传感器和远程服务信息进行智能融合,合作式感知能够有效提升车辆的安全机动性能,在车辆超车、换道、躲避障碍物等方面提供可靠保障。

(3)交通效率类场景。

优化交通效率对于缓解城市交通拥堵、节能减排具有十分重要的意义。未来可以通过无线通信技术在区域内车辆和基础设施中共享车辆的驾驶意图,在5G网络MEC节点汇合车辆、路况和天气等信息。一方面利用5G网络低时延、高可靠的特点为车辆提供各时间段的路况以及各个路段的实时状况;另一方面可以在MEC节点优化车辆

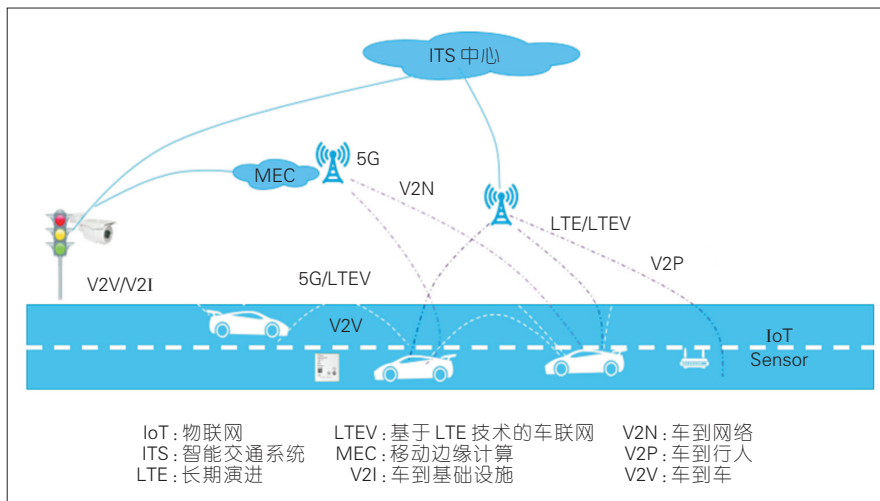
行驶计划,协调车辆的运行策略,从而改善道路通行状况,加快道路通行效率,提升交通安全,并在一定程度上减少排放和降低燃料的消耗。

(4) 高度协同类场景。

V2X 是一种不容易受到天气、障碍物以及距离等因素影响的人、车、路等信息交互的手段。典型的应用场景包括车辆编队行驶、远程遥控驾驶等。远程遥控驾驶是指驾驶员通过驾驶操控台远程操作车辆行驶。搭载在车辆上的摄像头、雷达等,利用 5G 网络大带宽能力将多路感知信息实时传达到远程驾驶操控台;驾驶员对于车辆方向盘、油门和刹车的操控信号,通过 5G 网络的高可靠低时延特性,实时传达到车辆上,轻松准确地对车辆进行前进、加速、刹车、转弯、后退等驾驶操作。

未来,5G 将以其多异构网络融合以及灵活的终端通信模式,使 5G 车联网在安全通信方面的保障不同于当前车联网。同时,5G 车联网应实行多方面的安全认证,包括车内用户移动终端与 5G 车载单元的安全认证,车与车之间、车与行人之间、车与 5G 移动终端之间以及车与 5G 基站之间的安全认证,并加快推进可商用技术、产品的研发,以此保障车联网的通信安全,如图 3 所示。

车联网正在改变人类交通和通信方式,促使车辆向网络化、智能化发展。可以预见,在



▲ 图 3 未来异构车联网示意图

5G 网络全面商用后,5G 车联网的研究可以促进社会的巨大演进,使人类社会更加方便、安全、快捷、高效。

2.3 5G 使能智能电网

在智能电网中,无线通信总体包含控制和采集 2 大场景类(如图 4 所示),对网络有着不同的要求。

智能电网在以下应用场景需要 5G 技术满足其需求:

(1) 高精度大范围无线网络授时。

智能配电网分布式终端广泛分布安装在配电网的各种节点上,新能源并网、广域测控保护等业务为授时带来挑战。授时精度要求在 $10 \mu\text{s}$ 内,时延小于 10ms ,可靠性 99.999%。传统的电网授时采用卫星定位等技术,需要单独的天馈系统,受限于部署位置、天气等环境的影响;而 5G 网络授时模块和通信模块合一,直接复用通信天馈,

部署位置灵活,精度可达 $1 \mu\text{s}$ 级别,是电网授时最有潜力的技术之一。

(2) 配网同步相量测量(PMU)。

配网同步相量由于测量点多,通信频次高,需要做到实时控制和测量,时延要求 10ms 内,可靠性 99.999%。在通信上传统的方式以有线为主、无线及电力线载波通信为辅,其成本高、运维难、扩展性不强。5G 网完全满足配电网 PMU 的数据传输速率、时延和可靠性需求,同时 5G 网络具备的高密度连接能力可满足 PMU 的大量部署需求,使得配电网 PMU 应用具有极大的可扩展空间。同时采用网络切片技术,可为 PMU 提供专用通信通道,与其他配电自动化业务隔离,保证 PMU 业务的安全性和可靠性。同时可在靠近配电网系统本地的 MEC 平台中部署 PMU 部分主站功能,实现高实时性业务快速响应。

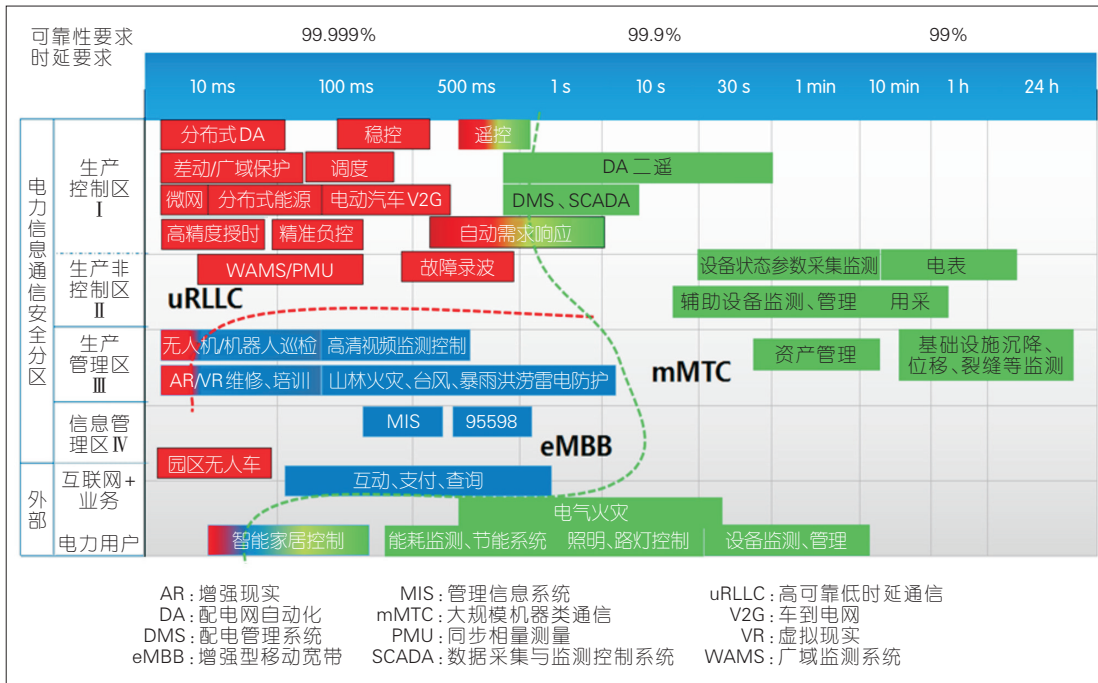


图4 智能电网应用及对5G网络的需求

(3) 智能配电自动化。

智能配电自动化通过继电保护自动装置监测配电网线路和设备状态信息,快速实现配电网或设备故障的判断及精准定位,迅速隔离故障区段或故障设备。而传统的配网保护采用简单的过流、过压保护,不依赖通信,不能实现分段隔离,停电影响范围大。为了实现故障的精准隔离,可以利用5G切片技术在配网领域推广应用差动保护,要求通信时延小于10 ms,带宽大于2 Mbit/s,可靠性99.999%,信息交互携带10 μs内的高精度时间戳。

(4) 分布式能源调控。

为适应太阳能、风能、燃料电池、充电桩等分散电力需求和资源分布特点,需要进行数据采集处理、有功功率调节、电压无功功率控制、孤岛监测、调度与

协调控制等。为了实现这些功能,需要达到百万到千万级别的连接数。通过5G面向大连接的能力,可以实现对接入设备进行控制和数据采集,从而有效保障多电源并网的有效运行。

(5) 用电负荷需求侧响应。

当电力批发市场价格升高或系统可靠性受威胁时,通过引导用户改变用电模式,减少某时间段用电负荷,来保障电网稳定。这需要负荷管理控制时延小于50 ms,带宽小于2 Mbit/s,可靠性99.999%。而当前需求侧响应对负荷的控制指令在终端与主站间交互,终端横向无数据交互,对负荷的控制通常只能切除整条配电网。利用5G低时延高可靠特点,通过用户、售电商、运营商等多方参与,通过灵活多样的市场化需求侧响应模式,优先切除可中断非重要负

荷,实现精准负荷控制。

(6) 智能巡检和应急指挥。

利用机器人、无人机等搭载高清摄像头或环境传感器,实现对变电站、配电房、输电线路进行巡检的过程中,需要将现场高清视频、图片等数据传回远程监测中心。此外,针对重大电力故障进行现场应急抢险时,也需要通过高清视频等方式将现场情况实时反馈到指挥中心。为满足这些通信要求,需要单路带宽达到4~10 Mbit/s,时延小于100 ms。针对这类业务场景,5G网络提供的高带宽,有效地保障了智能巡检和应急指挥的进行。

(7) 设施运行状态监测及远程操作。

电网运行中,需要通过对电网设备运行环境、运行状态、故障信息进行全面监测来掌握设施运行情况,这涉及到千万级的

终端设备接入。此外,通过智能电表实现远程抄表,也存在大量的设备接入。基于5G面向大连接的能力,为末端设备的全面接入提供支撑,进一步保障设施安全稳定运行。

2.4 5G 助力制造走向智造

当前,工业领域无线技术主要应用于设备及产品信息的采集、非实时控制和实现工厂内部信息化等。由于在可靠性、数据传输速率、覆盖距离、移动性等方面的不足,导致当前工业领域无线技术未能广泛应用,无线通信占比仅约6%左右。随着5G技术的不断发展成熟,特别是其特有的低时延、高可靠,以及大带宽等特性,使得无线技术应用于现场设备实时控制、远程维护及操控、工业高清图像处理等工

业应用新领域成为可能,同时也为未来柔性产线、柔性车间奠定了基础。5G开启工业无线未来发展。

如图5所示,工厂车间中将出现更多的无线连接,这将促使工厂车间网络架构不断优化,有效提升网络化协同制造与管理水平,促进工厂车间提质增效,保持对整个产品生命周期的全连接。以上这些主要表现在以下4个场景:

(1)实时控制。5G特有的低时延、高可靠特性,使得无线技术应用于工业实时控制领域成为可能,5G将成为未来工业有线控制网络的补充或替代。该技术参数要求为:时延为1~20 ms,带宽为千比特每秒;可靠性可达99.9999%。

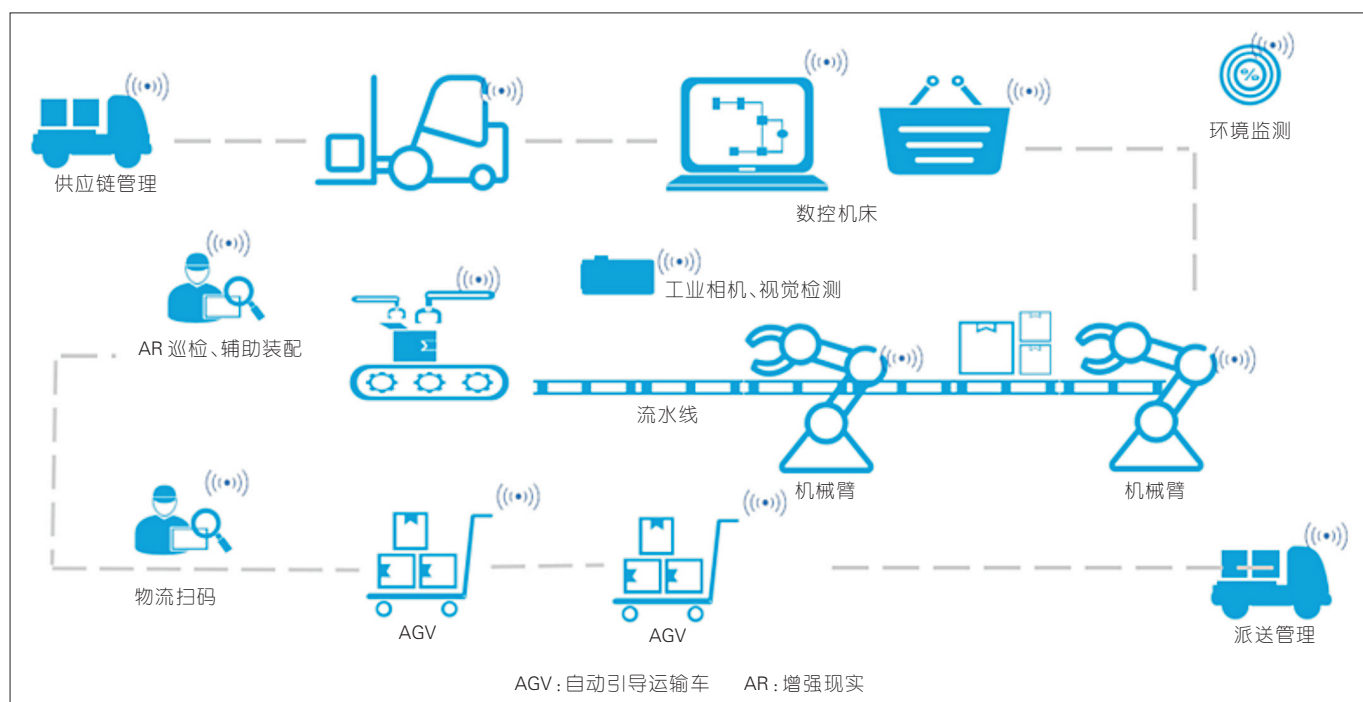
(2)工业穿戴。发挥5G大

带宽及移动性优势,实现工业可穿戴设备以及工业增强现实等较为稳定的实时无线传输。该技术参数要求为:时延<100 ms,带宽为20 Mbit/s~1 Gbit/s。

(3)调度与导航。这可以包括基于5G对移动机器人或移动设备的调度控制、基于视觉的路径导航规划等等。该技术参数要求为:时延为50 ms~1 s,带宽为1 kbit/s~100 Mbit/s。

(4)高密度接入。包括海量工业传感器/变送器、仪器仪表数据采集以及各类人员、装备、产品与物料的连接。该技术参数要求为:连接可达几百/平方米~几千/平方米,带宽为千比特每秒到兆比特每秒。

伴随中国加快实施制造强国战略,推进智能制造发展,5G将广泛深入应用于工业领域。



▲图5 基于第5代移动通信的未来无线工厂

工厂内部和外部之间的界限越来越模糊,工厂不再是独立的封闭实体,而是庞大的价值链和生态系统的一部分。同时5G也为制造业开辟新的商业模式提供可能。

3 结束语

5G 技术以及人工智能、边缘计算、计算机视觉、传感等基础技术有机高效地进行整合,必将为各垂直行业数字化转型提供切实有效的手段。当前,为促进5G产业生态的不断发展壮大,仍需充分发挥政府引导作用,如依托IMT-2020(5G)推进组、工业互联网产业联盟等行业平台,统筹科研机构、高校、电信运营商、设备制造商、终端厂商、互联网企业和行业企业等产学研用力量,协同开展5G技术研究、标准研制、设备开发与行业应用,加快推动5G与工业互

联网、车联网、智能电网、远程医疗等垂直行业应用融合发展。

中兴通讯是5G业务赋能者、创新应用实践者、生态建设积极参与者。中兴通讯一直积极参与并打造业内产业联盟,与各行业龙头企业合作,共同研究探索5G垂直行业应用及相关标准,打造5G行业试点示范应用,为5G的产业发展繁荣不断贡献自己的力量。

致谢

本研究得到中兴通讯股份有限公司叶郁文、郭雪峰、陈永波、张慧、邓芳伟等行业专家的帮助,谨致谢意!

参考文献

- [1] 中兴通讯.中兴通讯5G技术白皮书[R].
- [2] IMT-2020(5G).IMT-2020(5G)推进组-5G愿景与需求白皮书[EB/OL].(2015-02-11)[2018-12-28].<http://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/1?currentPage=2&content=>
- [3] 5G经济社会影响白皮书[EB/OL].(2018-12-28).<http://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/1>
- [4] 3GPP.Service Requirements for the 5G

System: 3GPP TS 26.261[R].2017
[5] C-V2X白皮书[EB/OL]. [2018-12-28].<http://www.imt-2020.org.cn/zh/documents/1>

作者简介



陆平,中兴通讯股份有限公司副总裁、技术规划部部长,中国计算机学会大数据专家委员会委员;主要从事云计算、大数据、人工智能等方面的研究工作;支持和参与了国家科技重大专项、国家科技支撑项目等;发表多篇文章,撰写了《物联网能力开发与应用》《云计算中的大数据技术与应用》等多部著作。



李建华,中兴通讯股份有限公司资深战略规划师、技术委员会专家,大数据产业生态联盟专家;主要研究领域为大数据、人工智能、5G业务、创新商业模式等;发表论文多篇,获国家发明专利1项、实用新型专利1项。



赵维铎,中兴通讯股份有限公司行业规划总工程师、技术委员会专家;主要研究领域为5G网络、工业互联网、智能电网等;发表论文10余篇,共获得专利7项。