



专题：5G

基于开放平台小基站的 5G 数字室分解决方案

方绍湖¹, 李馨¹, 卜斌龙²

(1. 京信通信技术(广州)有限公司, 广东 广州 510663;

2. 京信通信系统(中国)有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: 从 5G 时代室内覆盖的挑战与趋势进行分析, 提出应对该现状的基于开放平台小基站的 5G 数字室分解决方案, 并提出该方案的核心设计要素。基于 5G 技术可能对于各行各业带来的影响, 探讨了 5G 开放平台小基站对几个典型行业应用的技术赋能研究。

关键词: 5G; 开放; 小基站; 数字室分; 行业应用; 赋能

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019187

5G digital wireless indoor coverage solution based on open platform small cell

FANG Shaohu¹, LI Xin¹, BU Binlong²

1. Comba Telecom Technology (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou 510663, China

2. Comba Telecom Systems (China) Co., Ltd., Guangzhou 510663, China

Abstract: The challenges and trends of indoor coverage in the 5G era were analyzed, and a 5G digital wireless indoor coverage solution based on open platform small cell was proposed with pointing out its core design element. Based on the impact that 5G technology may have on various industries, the technology enabling of 5G open platform small cell was discussed for several typical industry applications.

Key words: 5G, open, small cell, digital indoor distribution, industry application, empowerment

1 引言

随着移动通信的快速发展, 移动互联网和高带宽数据业务爆炸式地增长。统计表明, 目前的 4G 移动网络中, 超过 70% 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, 室内移动网络覆盖将更加重要, 是运营商在 5G 时代的核心竞争力之一。

5G 网络不仅仅是一张简单的通信网, 还作为底层网络深入社会各行各业。而行业的大部分场景, 均发生在室内场景, 如智能制造、智慧家庭、AR/VR、智慧教育(远程教育)、新型社交网络、个人 AI 辅助等, 所有这些室内型业务都会得到 5G 技术的辅助与支撑, 而业务本身也会变得更加丰富。因此, 面向 5G 的室内覆盖, 也须朝着未来 5G 业务提供基础能力的方向进行建设, 也要能够

收稿日期: 2019-06-10; 修回日期: 2019-07-06



满足各种室内行业应用的需求。

2 室内覆盖的挑战与趋势

2.1 5G 室分建设面临的挑战

2.1.1 传统室分难以满足 5G 的需求

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，目前已经建成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、实施难、成本高等巨大的挑战。主要体现在以下几个方面。

- 3.5 GHz 系统难以利用旧有无源分布式系统。多组抽样测试结果表明，已部署的 sub 3 GHz 器件在 3.5 GHz 频段的关键性能指标（如插入损耗、耦合度、驻波比）无法满足要求。
- 3.5 GHz 覆盖收缩。C-band 和 sub 3 GHz 相比，链路损耗（含无源分布式天线系统传输损耗、空中损耗、隔墙穿透损耗）更大，新建 5G 无源分布式系统，面临损耗大、成本高的问题。C-band 和 sub 3 GHz 的实际测试结果见表 1。

表 1 不同频段室内网络综合损耗差

系统	室分传输损耗/dB	空间损耗/dB	链路总损耗差异/dB
2.3 GHz	0	0	0
3.5 GHz	3~6	4	7~10
4.9 GHz	5~9	7	12~16

- 4×4 MIMO 传统室分工程建设难度高，4T4R 工程实施难度大，工程难以落地，另外，还会导致链路不平衡，引起性能问题。
- 无源分布式系统无法满足可视化管理要求，一旦出现故障，都需要人工逐步排查线路问题，维护成本高、效率低。

2.1.2 5G 基站高成本高功耗

5G 宏基站采用大规模 MIMO，成本远高于 4G 宏基站。64TR 基站成本是 4G 基站的 4~5 倍。

采用 4T4R 5G 分布式皮基站，室分建设成本依然要在 4G 成本的 2 倍以上。5G 基站功耗是 4G 基站的 3~5 倍，供电、机柜和蓄电池等配套都要进行改造，对商用部署造成了较大的困难，电力成本也急剧上升。

2.2 5G 室分建设技术趋势

（1）5G 时代，数字室分将成为室内建网新标准。全网超过 80% 的 4G 流量业务发生在室内场景，而室内 4G 业务量中约 70% 是由室外宏站来承载，目前室外站点仍然是吸收室内话务的主要手段，5G 时代，工作频段更高，网络部署在 C-band 甚至毫米波频段，室外信号对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，因此加大室内覆盖深度、提升室内站点业务吸收效率十分必要，但无源室分难以满足 5G 的建设需求。

基于室内网络的演进需求，IT 化部署、端到端可管可控、可视化、智能化的新型数字化室分是面向 5G 演进的必然选择。

（2）5G 室分建设策略：多元化建网，容量按需部署

运营商面对收入趋缓、投资加大的 5G 时代，网络建设需要综合考虑网络覆盖、容量和建网成本，根据不同室内场景大小、容量需求和业务需求等，选择相应最合适的覆盖方案，实现精准覆盖、按需部署，以降低建网成本。

（3）开放与解耦是发展趋势

5G 具有超高速率、超低时延、超多连接的特性以及支持切片、边缘计算、更高精度的定位等新能力，带来不仅是人与人，更是人与物、物与物的万物互联新时代。这对网络的支撑技术需求也提出了新的挑战，传统上仅作为管道的接入网已经满足不了 5G 新时代的需求。

开放和解耦的接入网，以软硬件解耦、接口开放化、网络智能化的理念，为产业带来全新的发展机会，从而带动产业链的进一步繁荣与

壮大。利用智能技术,可以进一步提升无线网络的智慧化水平,实现智慧运营,支持灵活切片,提升网络性能,降低运维成本。通过与行业应用结合,将 5G 技术赋能各行各业,快速提升行业应用智能化。

3 开放平台小基站 5G 数字室分解决方案

面对 5G 时代的挑战与趋势,如果按照传统思路,都使用宏基站覆盖,将无法满足室内场景的多样化需求,小基站以其高度灵活性、易部署、高性价比等特点,除了满足基本的通信覆盖需求,也更容易实现贴近行业应用的零散化需求,必将会成为 5G 时代室分的最重要解决方案。开放平台小基站则是一种基于开放平台架构的,用数字化手段解决室内覆盖的综合解决方案,适应于 5G 新时代对于接入网的新需求。

3.1 5G 开放平台小基站数字室分

开放平台小基站 5G 数字室分解决方案,专门针对复杂的室内场景设计,产品形态、产品方案设计与应用都具有极致的灵活性,设备接入容量大,易满足不同大小场景的室内网络建设与覆盖,主机基于 x86 开放平台设计,软硬件解耦,易于行业应用深度融合。

开放平台小基站数字室分结构如图 1 所示,

由 5G 接入单元(AU)、5G 扩展单元(SW)和 5G 远端覆盖单元(DP)3 部分组成。功能上 5G 接入单元完成基带部分信号处理、上下行信令交互与业务处理,5G 扩展单元完成射频域上下行信号和数据的汇聚与分发,并同时为 5G 覆盖单元供电,5G 远端覆盖单元具备微功率射频收发功能,以实现室内 5G 信号的分布式覆盖。

5G 接入单元通过光纤/网线与扩展单元连接,扩展单元通过复合光纤/网线与远端单元连接,接入单元支持星型组网,支持与 4 台扩展单元连接,每台扩展单元支持 2 级级联,单站点最大可支持 64 个远端覆盖接入($4\text{SW}/\text{AU} \times 2 \text{级联} / \text{SW} \times 8\text{DP}/\text{SW} = 64\text{DP}$),实际应用中,可以根据场景的大小,灵活配置扩展单元、远端单元,即灵活配置系统网元的数量,满足不同场景下的容量需求,实现对应场景的最高性价比组网设计。

在业务特性方面,开放平台小基站还有如下特性,以满足运营商在不同场景的建网要求:

- 主机单元基于 x86 开放平台,易于行业应用深度融合;
- 支持 CU 与 DU 集成部署或分离部署;
- 支持 SA 与 NSA 组网;
- 支持在接入单元软件配置实现小区汇聚与

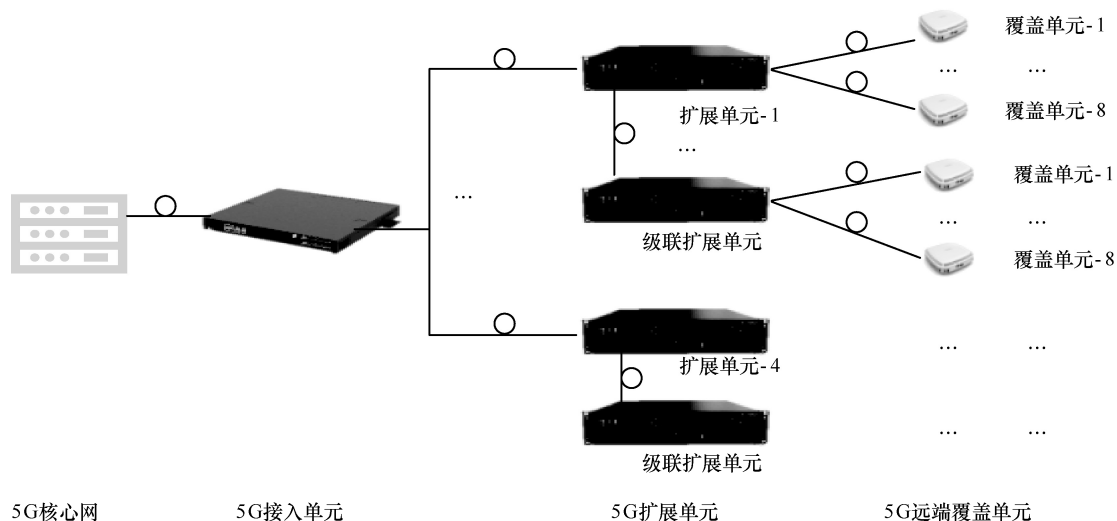


图 1 5G 开放平台小基站数字室分结构



裂分；

- 支持远端单元 2T2R、4T4R MIMO 或者 $nTnR$ 混合组网，以满足不同覆盖区域的容量需求。

3.1.1 方案原理

开放平台小基站由 5G 接入单元 (AU)、5G 扩展单元 (SW) 和 5G 远端覆盖单元 (DP) 3 部分组成，其方案原理如下。

(1) 开放平台小基站接入单元

负责小基站的所有协议栈处理、操作维护功能，由 x86 服务器和 FPGA 板卡组成。其中，x86 服务器实现 NR 空口协议栈以及部分物理层功能，通过配置不同性能等级的 x86 服务器可以实现不同容量等级的开放平台小基站系统；FPGA 板卡实现 PHY 的部分比特级加速功能，同时承担系统同步及授时的功能、前传功能等。接入单元原理如图 2 所示。

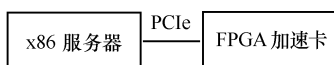


图 2 接入单元原理

(2) 开放平台小基站扩展单元

扩展单元负责远端单元的 I/Q 数据下行分发、上行汇聚，时钟同步，POE 供电等，包含 CPU 处理模块、FPGA 汇聚与分发模块、PSE 供电与外围电路模块。

- CPU 处理模块：负责扩展单元的配置流程管理、操作维护功能。
- FPGA 汇聚与分发模块：负责数据传输、数据汇聚和分发，逻辑控制，与主机、远端单元的时间同步功能等。
- PSE 供电与外围电路模块：扩展单元的外围电路部分，同时负责给远端单元供电。

扩展单元原理如图 3 所示。

(3) 开放平台小基站远端单元

远端单元，即小功率 RRU，具备射频收发功

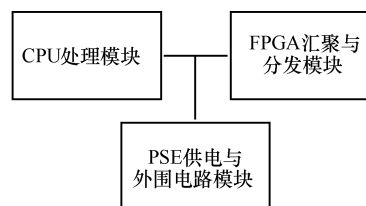


图 3 扩展单元原理

能（内置天线），由 CPU 控制模块、传输接口模块、POE 供电与外围电路模块、RF 收发模块构成，如图 4 所示。

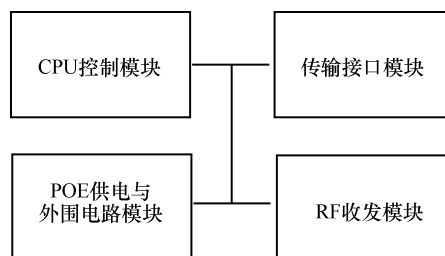


图 4 远端单元原理

CPU 控制模块：主要由 MCU (microcontroller unit, 微控制单元) 芯片组成，完成加载配置、操作维护等功能。

传输接口模块：完成与扩展单元之间的数据传输、时钟同步等功能。

RF 收发模块：由接收机组成，完成射频信号的收发、模数/数模转换，完成模拟前端的信号收发功能，包括发射方向的功率放大、接收方向的低噪声放大及射频滤波等功能。

POE 供电与外围电路模块：远端单元的外围电路部分及 POE 取电模块。

3.2 设计要素

基于开放平台的 5G 数字化室分解决方案，通过场景化和软硬件解耦的设计思路，满足 5G 新时代对接入网的需求，提供高性价比大带宽、低时延、万物互联的 5G 服务。其中关键设计要素如下。

3.2.1 场景化的功能和性能需求设计

产品的成本与其功能和性能需求有着最直接的关系，通过对应用场景中用户业务的需求差异，可以分成典型的场景类型，如针对业务容量需求

的差异,可以分成覆盖需求场景、业务体验需求场景、超高容量需求场景;针对典型的业务场景,对小基站的功能和性能提出相应的规格需求,即场景化的产品设计思路,不做冗余的设计,从而提高产品性价比。

采用接入单元、扩展单元、远端单元的三级架构组合设计,可以根据覆盖场景大小灵活部署扩展单元和远端单元的数量,实现根据场景大小灵活配置产品网元数量,从而容易实现按场景大小需求部署。

3.2.2 平台开放化设计

行业应用的需求具有繁多、零散、贴近用户的特点,5G 接入网若要与其结合,需要能够适配这样的需求多样性。因此需要开放平台的接入单元设计,即基于通用处理器平台设计,通过通用处理器的软硬件解耦特性,甚至集成移动边缘计算(MEC),将移动通信网络能力与计算能力紧密结合,在最靠近用户端提供大带宽、低时延、大连接的实时处理能力,最大化地适配各种行业应用的需求。根据实际需求特点开发相应的应用软件,开放该行业需要的 API,与该垂直行业深度融合,将 5G 的技术特性赋能于行业应用,以提升行业智慧化水平。

3.2.3 IT 化的系统架构设计

开放平台小基站接入单元与扩展单元采用网线/光纤连接,扩展单元与远端单元(DP)采用网线/复合光纤连接,远端单元通过 POE/复合光纤供电,同时完成远端覆盖单元的上下行数据传输与供电功能,即不需要额外敷设远端单元供电电源线,解除了通信网络建设中的末端取电难的困扰。

另外,由于远端覆盖单元设备小巧轻便,安装方式灵活,并集成天线一体化设计,支持吸顶安装或挂墙安装,施工部署灵活、快捷、美观,常见站点工程实施中的问题,在 5G 数字室分小基站的应用下均得到妥善解决,真正实现化繁为简、IT 化的部署。

3.2.4 智能化的管理平台设计

5G 室分网络的更加多样化、复杂化,加之垂直行业应用引入的连接设备,需要端到端可控、可视化、智能化的运维管理。开放平台小基站网管管理平台具有统一化、标准化、开放化特性,采用微服务框架和容器技术灵活部署各种智能应用,通过标准南向接口对网元进行管理,通过增强的北向接口实现统一集中化管理。

基于大数据及 AI 技术,通过业务模型识别及分析、预测,利用机器学习,灵活地对不同业务场景做出不同的判断并给出操作建议或者完成相应的网络优化操作,最大化地减少人工介入以降低操作和运维成本,从而大大节省 OPEX (operating expense, 运营成本),保护客户网络投资。

4 开放平台小基站 5G 数字室分赋能行业应用

基于开放平台小基站的数字室分方案更加贴近室内的垂直行业应用场景,软硬件解耦的开放平台集成移动边缘计算,将推动网络建设、支撑、运营链条的革命性重构,未来物联业务将高度依赖边缘端的处理能力来实现高带宽、低时延、大连接需求,提升与场景强关联的业务表现。

基于对垂直行业的应用需求挖掘、个性及共性分析,通过与边缘计算融合架构实现网络资源与算力资源的融合互补,为垂直行业提供智能化接入和实时数据处理,实现业务的灵活接入,实现为数据生态的赋能。触手可及的网络侧边缘计算则就近为用户提供丰富的算力,承载人工智能、图像识别和视频渲染等新业务,实现为应用生态的赋能。网络资源与算力资源的融合互补,可为垂直行业业务提供极致的用户体验,灵活满足面向垂直行业应用的个性化部署需求,并支持网络面向各行业应用的网络切片与编排。

图 5 为 5G 开放平台小基站数字室分融合行业

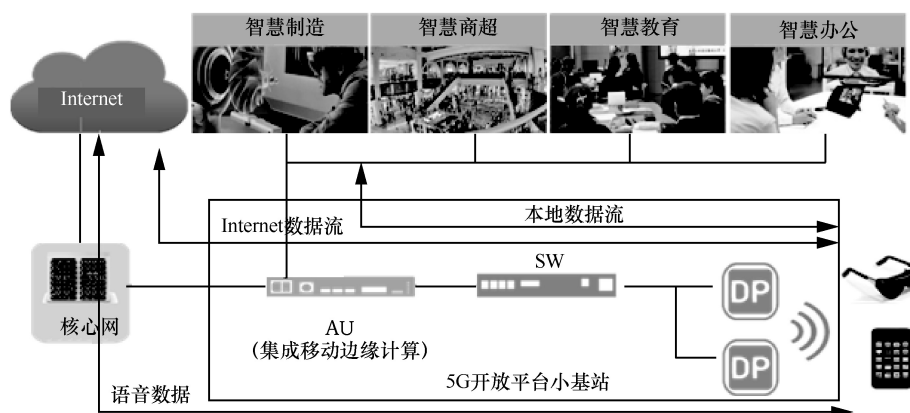


图5 5G 开放平台小基站数字室融合行业应用架构

应用架构，语音数据流是由终端经基站回传至核心网，而行业应用数据则是由终端经基站直接本地分流至行业应用服务器或者 Internet，实现数据的本地化处理，从而更容易满足大带宽、低时延的要求。其中智能制造、智慧商超、智慧教育、智慧办公为典型应用，下面将对这几种典型应用进行小基站与其融合的探讨。

4.1 赋能智能制造

在数字化工厂中部署 5G 开放平台小基站，将分布广泛、零散的人、机器和设备全部连接起来，构建统一的互联网络。由于 5G 带宽大、实时性和可靠性高，将替代原有工厂网络并结合工业互

网，打造数字化车间和智能化工厂，实现生产运营的透明化、“产供销”的协同及异地工厂的高效协同制造。图 6 为实现方案原理架构，其中 5G 开放平台小基站将给智能制造带来以下技术赋能。

- 利用 5G 网络实现工厂移动机器人的智能化升级，使得移动机器人不仅能进行物流配送，还具有“手和眼”的功能，能和生产线自动对接，精准上下物料，更智能规划行走路线，大幅提高生产效率。
- 利用开放平台集成边缘计算的能力，将传统昂贵工业智能相机变成云化智能相机，将机械臂变成云化智能机械臂，将 AGV 车

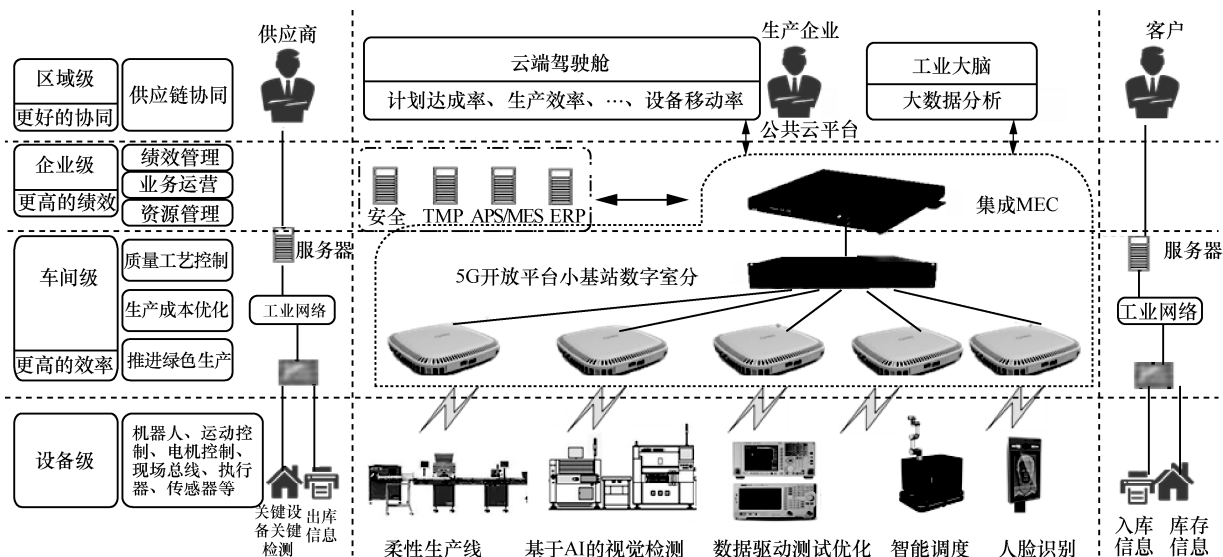


图6 5G 开放平台小基站赋能智能制造

变成云化智能 AGV 车,实现更低的成本和更高的性能。

- 海量连接,平滑的移动性管理、设备跨区域的无缝切换使用智能制造成为可能,高可靠的网络性能保障业务的实时性、准确性和稳定性。
- 工厂内部网络数据在本地边缘云处理,保障了工厂对数据的安全性要求,同时又通过 5G 网络与供应商、客户的网络进行对接,实现“产供销”于一体的智能化平台。

4.2 赋能智慧商超

在商场超市(简称商超)部署 5G 开放平台小基站解决方案,除了快速、灵活提供高性价比的 5G 信号覆盖,也可以提供用户移动轨迹分析、客流量分析、消费行为分析等大数据运营的增值业务平台,基于产品的定位能力、物联能力,为商超客户提供室内店铺导览导航、地下停车场定位导航等应用,借助微信小程序或 App,帮助商超快速完成广告推送、商品介绍等营销,在为顾客提供更方便快捷的购物体验的同时,也为商场提供了店铺人流分析、招商引流等增值业务手段。

图 7 为实现方案原理架构,其中 5G 开放平台小基

站将给智慧商超带来以下技术赋能。

- 利用 5G 网络为用户提供大带宽的上网体验、无感知高精度的定位服务、基于大连接的物联和管理服务,保障多用户情况的良好体验。
- 5G 移动通信网络与能力开放平台的结合,精准用户脱敏信息数据现取现用,开放的业务平台贴近一线,边缘云化,真正为商户和用户均提供实用、便捷、高性价比的增值服务。
- 商场商户内部网络数据本地边缘云处理,保障了商场和商户对数据的安全性要求,同时又通过 5G 网络与供应商的网络进行对接,实现供应到销售的端到端监控和管理。

4.3 赋能智慧教育

追求教育公平、教育质量、教育创新、个性化教育、能力培养已成为当今教育的共同主题。而基于互联网、虚拟现实、云计算、人工智能等技术打造的智慧教育已经成为新时代的教育主旋律,如图 8 所示,基于开放平台的 5G 小基站解决方案将更加高效、快速地赋能于智慧教育,让大家更容易享受到优质的教育。

- 智慧课堂:基于 5G 网络的优异性能,实现

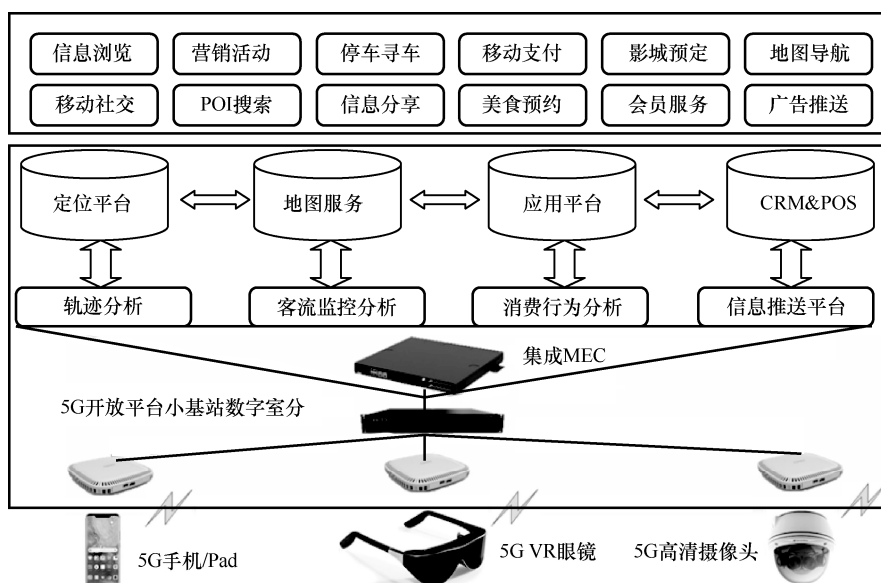


图 7 5G 开放平台小基站赋能智慧商超

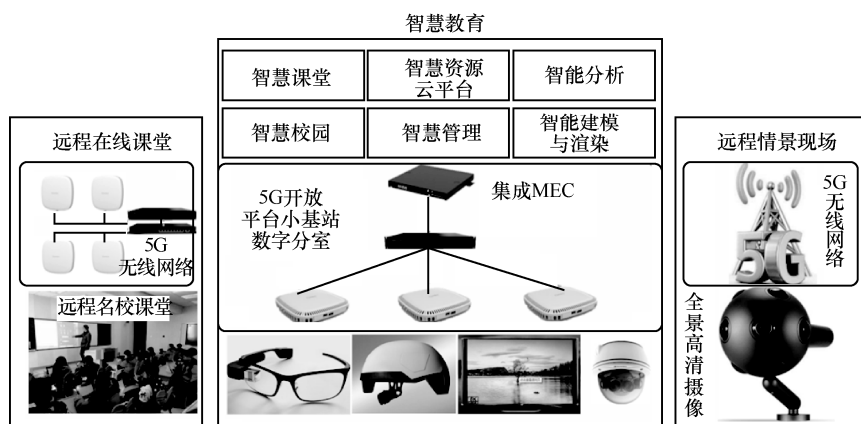


图8 5G 开放平台小基站赋能智慧教育

课堂的有效互动、VR/AR 课堂教学，即通过沉浸式的课堂体验，为师生提供知识与现实的连接，现学现用及活学活用。

- 智能分析：基于大连接、大数据和人工智能，对课堂、教学、学习、运动和学校生活等行为进行可视化管理和智能分析，让学校更好地指导和促进智慧教学，让家长随时了解和指导孩子的学习与成长。
- 智慧校园：基于 5G 的大带宽特性，为学校提供高带宽低时延的网络、智能的连接、超高清的视频，保障智慧教育的顺利运行和极致体验。
- 智慧管理：提供面向学校、教师、学生和家长的智慧管理服务，提供交流平台和教学空间。
- 智慧资源云平台：直播、录播名校、名师课程，进行教学资源的共享已经成为趋势，为教育资源配置稍逊的学校、边远区域学校提供了一个优良的教育资源平台。
- 智能建模与渲染：利用 5G 网络的大带宽特性，给学生提供教学场景的远程真实场景再现，教学内容的真实再现，即通过远程的全景高清摄像头与本地化的智能建模与渲染算力资源，实现 VR/AR 的沉浸式教学体验。

4.4 赋能智慧办公

随着近些年移动互联网的高速发展，移动通

信网络基础设施日趋卓越，智能终端功能和性能也日新月异，早已打破基本通信和娱乐的需求。

5G 时代的来临，移动通信领域将会迎来一次更大的变革，届时，引入 5G 大带宽、低时延、大连接的技术特性，赋予智慧办公的能力，将人们从工作地点的限制、工作技能的速成困难、工作琐事的繁杂困扰等解脱出来，实现无时无地高效的办公。图 9 中的基于开放平台的 5G 小基站，由于其部署灵活、开放的平台易与本地化应用集成，将助力智慧办公更高效、容易地实现。

- AR/VR 会议：利用 5G 大带宽的特性，实现公司总部员工与分支机构员工、出差/外勤员工之间模拟真实的面对面会议，让沟通更加高效。
- 远程操控：利用 5G 大带宽、低时延的特性，将远程生产现场、工程现场的操作场景通过高清视频、云渲染技术在 AR/VR 眼镜中真实呈现出来，技术专家通过佩戴 AR/VR 眼镜，实现类似于真实的现场操控，革命性地提高技术支持效率。
- 智慧连接、管理、协作：基于 5G 的大连接特性，对办公环境进行智能化管理，改善工作环境、提高工作效率，通过智能协作，打破机构、部门、员工之间的壁垒与地域限制，凝聚企业共识，激发员工创新，提高协作效率。

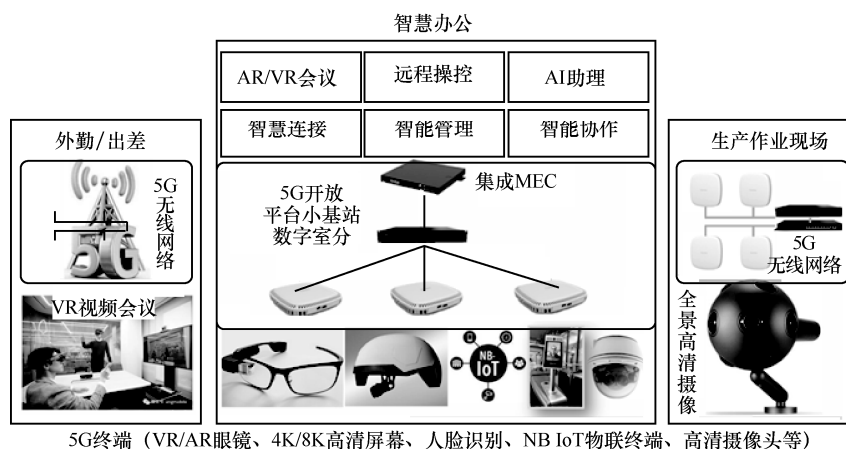


图9 5G 开放平台小基站赋能智慧办公

- AI 助理：基于智慧连接、管理、协作，AI 助理通过对用户工作环境、工作时间、个人习性的了解，帮用户从与其专业无关的琐碎工作解放出来，做用户的专属私人助理，不限于处理电子邮件、OA 流程、安排会议以及差旅行程等。

5 结束语

5G 时代的快速到来，既是挑战也是机遇，当前运营商面临业务流量增量不增收、人口红利基本释放完毕、新一代通信技术的发展又需要巨额投资的困局。5G 技术赋能行业应用为增速放缓的电信行业带来新的业务增长点，为运营商打开更广阔的市场空间，而其新能力、新应用、新模式，需要有更为开放的网络、解决方案以及管理模式。基于开放平台小基站的 5G 数字室分，是一种非常开放、灵活、高效的解决方案，在技术创新、场景化应用、网络建设及网络维护方面，均有其独特的优势，充分考虑产业与应用的实际结合，在提供最佳解决方案的同时尽显最优性价比，与运营商及产业生态链达到价值共赢。

参考文献：

- [1] 方绍湖, 杨波, 向炜. 一种微小区基站系统、相关设备及数据处理方法: ZL201410391064.9[Z]. 2014-11-26.
FANG S H, YANG B, XIANG W. Small cell base station sys-

- tem, and related devices and data processing methods: ZL201410391064.9[Z]. 2014-11-26.
- [2] Cisco. Visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2017–2022 white paper[R]. 2017.
- [3] GSA Secretariat, 华为技术有限公司. 室内数字化面向 5G 演进白皮书[R]. 2017.
GSA Secretariat, Huawei Technologies Co., Ltd. Indoor digitalization for 5G evolution white paper[R]. 2017.
- [4] 中国移动边缘计算开放实验室. 中国移动边缘计算技术白皮书[R]. 2019.
China Mobile Edge Computing Open Lab. China mobile edge computing technology white paper[R]. 2019.
- [5] 周一青, 李国杰. 未来移动通信系统中的通信与计算融合[J]. 电信科学, 2018, 34(3): 1-7.
ZHOU Y Q, LI G J. Convergence of communication and computing in future mobile communication systems[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(3): 1-7.
- [6] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; System architecture for the 5G system: 3GPP TS23.501 V15.3.0[S]. 2018.

[作者简介]



方绍湖（1982—），男，京信通信技术（广州）有限公司产品规划部总监，主要研究方向为移动通信小基站相关技术和产品。

李馨（1981—），女，京信通信技术（广州）有限公司高级工程师，主要研究方向为移动通信系统相关技术和产品。

卜斌龙（1963—），男，京信通信系统（中国）有限公司首席科学家，主要研究方向为移动通信天线及射频领域相关技术和产品。