

5G 室内覆盖共建共享技术研究*

张志荣¹, 李 晶¹, 李志军², 陈建刚², 张 新²

(1. 中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院, 北京 102209; 2. 中国电信集团有限公司, 北京 100033)

摘 要: 中国运营商积极响应国务院的战略要求, 努力推动 5G 基础设施共建共享, 实现降本增效。室外 5G 共享技术已趋于成熟, 并在全国范围内开展了试运营, 取得了良好效果。5G 建设将逐步从室外广覆盖渗入到室内精细覆盖, 努力探索 5G 室内覆盖共建共享技术和方案势在必行。从 5G 室内覆盖共建共享意义和分类、技术方案、演进路线、语音方案、室内外协同和干扰避免等方面, 系统化地阐述了 5G 室内覆盖共建共享所涉及的重要方面。

关键词: 5G 室内覆盖; 共建共享; 分布式皮站; 内外协同; 干扰避免

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200442

中文引用格式: 张志荣, 李晶, 李志军, 等. 5G 室内覆盖共建共享技术研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(7): 33-37, 43.

英文引用格式: Zhang Zhirong, Li Xiao, Li Zhijun, et al. Research on 5G indoor coverage co-construction and sharing technology[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(7): 33-37, 43.

Research on 5G indoor coverage co-construction and sharing technology

Zhang Zhirong¹, Li Xiao¹, Li Zhijun², Chen Jiangang², Zhang Xin²

(1. China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China;

2. China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

Abstract: Chinese operators respond to the strategic requirements of the State Council and promote co-construction and sharing of 5G infrastructure to reduce costs and increase efficiency. Outdoor 5G sharing technology has matured, and trial operations have been carried out nationwide with good results. 5G construction will gradually infiltrate from wide outdoor coverage to indoor fine coverage, and efforts to explore 5G indoor coverage co-construction and sharing technologies and solutions are imperative. This article expounds the classification, technical solutions, evolution route, voice solution, indoor and outdoor collaboration and interference avoidance of 5G indoor coverage co-construction sharing.

Key words: 5G digital indoor system; co-construction and sharing; distributed pico site; indoor and outdoor coordination; interference avoidance

0 引言

目前, 5G 运营商面临着通信网络智能化和运营智慧化的要求^[1-2], 迫切需要降低 5G 建设和运营成本。5G 网络投资巨大, 运营成本超高, 国家积极推动 5G 基础设施共建共享, 实现降本增效。中国运营商积极响应国务院的战略要求, 努力探索 5G 网络共建共享技术和方案, 通过“创新、开放、共享”方式, 打造全国性 5G 网络, 满足不同地区、不同发展阶段、不同业务场景的人民需求^[3]。

随着 5G 时代的到来, 经过市场预测发现, 除了车联网、智慧港口、智慧电网等应用外, 智慧家庭、智能制造、远程办公、行业视频、AR/VR 等超过 70% 的 5G 应用将主要发生于室内, 但 5G 更高频段信号很难从室外抵达室内。因此对室内无线网络提出了更宽、更稳定的要求, 室内将成为重要的 5G 网络价值场景。

2020 年 3 300~3 400 MHz 频谱由工信部发放给联通与电信、广电共享使用, 该段频谱作用的充分发挥可满足多运营商共建共享需求, 提升各自 5G 品牌优势。5G 建设也逐步从室外广覆盖渗入到室内精细覆盖, 非常有必要探索和研究 5G 室内覆盖共建共享技术和方案。本文从 5G 室内覆盖共建共享场景分类、技术方案、演进路线、语音解决方案以及室内外协同和干扰避免等方面进行系统化地分析和阐述。

1 5G 室内覆盖共建共享分类

根据场景不同, 5G 室内覆盖共建共享可分为三大类: (1) 无源室分覆盖方案(DAS); (2) 5G 有源室分覆盖方案(DIS); (3) 5G 融合组网覆盖方案。

1.1 5G 无源室分覆盖方案

随着 5G 高频段的引入, 室外覆盖室内无法满足室内深度覆盖的需求; 此外, 传统无源室分 DAS 系统在面向 5G 演进时也存在工程实施、扩容、演进、管理和运维

* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001019)

5G 室内覆盖技术 5G Indoor Coverage Technology

特约主编 朱雪田

等方面的问题:(1)存量 DAS 器件难以支持 3 500 MHz 及以上的高频段;(2)DAS 扩容和改造需二次进场,工程异常复杂;(3)DAS 采用无源器件,不具备设备状态实时可视化的能力,运维人员无法随时获悉 5G 室分网络及网元运行状态,因而不能及时提供最佳网络服务。

根据上述分析,传统无源室分 DAS 很难支撑 5G 时代室内覆盖的新需求和新挑战。行业内普遍认为,室内数字化是室内覆盖面向 5G 演进的最佳途径和取胜之匙。

1.2 5G 有源室内覆盖方案

5G 有源覆盖方案可以支持更多的业务、更快的体验速率、更好的演进、更省钱的端到端成本和更容易的网络扩容能力。一张“多、快、好、省、易”的室内数字化网络,可以帮助运营商有效应对 5G 时代不断增长的业务和速率体验需求。

1.2.1 5G 有源室内覆盖系统架构

5G 有源室内覆盖系统采用三级架构,由基带单元 BBU、汇聚单元 rHUB(集中/扩展单元)和远端射频单元 pRRU 组成,如图 1 所示。

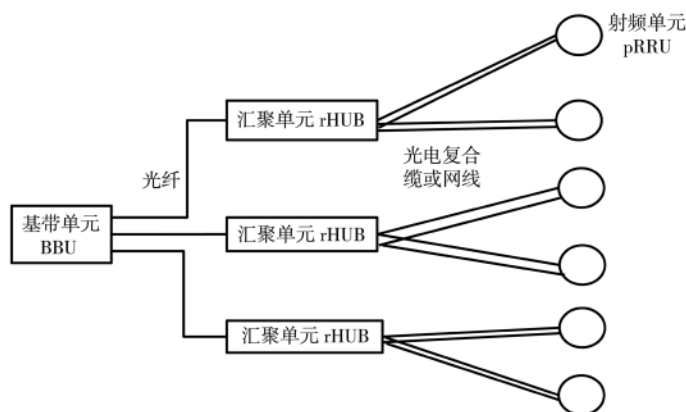


图 1 5G 有源室内覆盖系统架构

5G 有源室内覆盖系统具有高容量(支持 4×4 MIMO)、高质量、部署快、全链路可监控、端到端可管可控、故障定位准确、维护便利以及支持室内定位新业务等优点。4G 的 pRRU 与 rHUB 之间通过网线连接,5G 的 pRRU 与 rHUB 之间支持光电复合缆,拉远距离可达 300 m,很好地解决了大型场馆的部署难题。

5G 有源室内覆盖使用的基带单元和室外宏站使用的基带单元相同,有源室内覆盖共建共享的业务功能和运维功能和室外宏站是完全一致的。对于汇聚单元和远端射频单元,支持共建共享最重要的特征是采用一套设备支持多种频段,并兼顾 NSA 与 SA 等各种场景的共享。

5G 有源室内覆盖方案可细分为分布式(扩展型)皮站和一体化皮站。

1.2.2 5G 分布式(扩展型)皮站

5G 分布式(扩展型)皮基站是一种小型低功率室内数字分布式基站,通过固网宽带、专有回传等接入到 5G 核心网,为用户提供 5G 移动通信信号覆盖,实现精确、

深度覆盖,提升网络对数据业务的上网体验,同时还能吸收热点话务,为宏网络数据分流。

5G 分布式(扩展型)皮基站采用三级架构,支持小区合并,包括射频拉远和基带拉远两种方案。

1.2.2.1 射频拉远

射频拉远系统架构中汇聚单元与射频单元的功能与有源室内覆盖系统相同。基带单元需要长时间的技术积累,有较高的门槛。目前有 3 种方案来实现基带单元:

(1)Intel X86 方案:通用服务器方案。采用 Intel X86 CPU+FPGA 加速卡完成物理层及高层功能,一个 16 核 CPU 上可支持 2×4T4R 100 MHz 或 4×2T2R 100 MHz 小区,可扩展性强。

(2)高通 ASIC 方案:基带专用芯片方案。采用 ASIC 芯片完成物理层功能,并与射频前端集成于 pRRU 中。成本较低,但可扩展性不强,单片仅支持一个 2T2R 100 MHz 小区,高层协议栈可使用 ARM 或 CPU 实现。

(3)NXP 恩智浦方案:与 Intel 方案类似,用 ARM CPU+FPGA 加速卡完成物理层及高层功能,与 Intel 方案相比成本和功耗有一定优势。

1.2.2.2 基带拉远

相对射频拉远方案,基带拉远有 3 个不同的地方:

(1)远端单元:实现射频和基带 PHY 的功能;(2)汇聚单元:可根据情况采用普通的 PoE 交换机,实现 MAC 层与 PHY 之间报文交换;(3)基带单元:采用 Intel 通用处理器,实现 MAC 层以上的协议栈。分布式皮站基带拉远架构如图 2 所示。

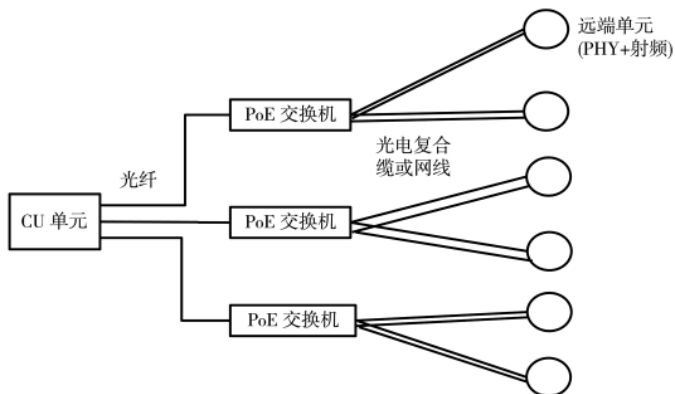


图 2 5G 分布式皮站基带拉远架构

相对射频拉远方案,基带拉远的 CU 单元和远端单元更容易实现解耦,利于各块的白盒化。分布式皮站适用于较高价值中小场景,如商场、写字楼、酒店、VIP 休息厅、连锁型卖场等中小型城市热点区域。

1.2.3 5G 一体化皮基站

5G 一体化皮基站是一种小型低功率小基站,它是 5G 网络末梢覆盖补盲建设的有效补充手段,具有功率低、成本低、部署快、即插即用等优点。

5G 一体化皮基站即将基带单元和射频单元合一的机型,其网络架构如图 3 所示。5G 一体化皮基站可通过

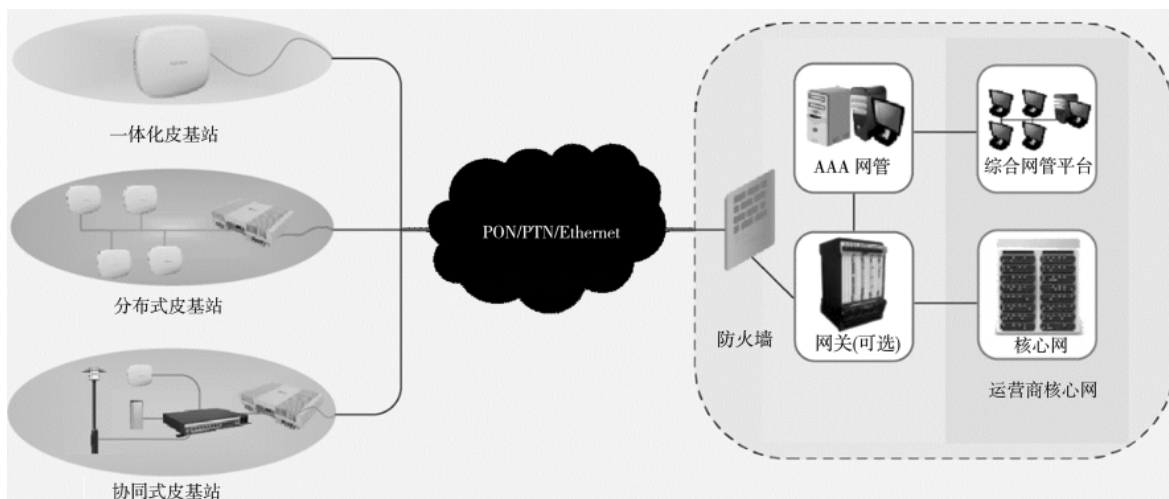


图3 5G 一体化皮站架构

光猫专用接口或ONU接入皮基站专网,不允许通过互联网直接接入网关,故通过融合网关动态获取专用的私网地址,并与网关建立IPSec VPN隧道,网关解密后再转发到5G核心网。

5G一体化皮基站适用于低价值投诉补盲场景,对于已开通有线宽带且面积很小、业务量不高的场景(如网吧、专卖店、连锁型卖场、便利店、营业厅、药店等覆盖盲区),可采用5G一体化皮基站建设方案。可快速提供5G信号,解决5G信号覆盖率低的问题;吸收热点话务,为宏网络数据分流,实现精确、深度覆盖,提升网络对数据业务的支持能力。

1.3 5G融合组网覆盖方案

5G融合组网覆盖方案结合了无源室分的低成本、低功耗、易于扩展等优势,以及有源室分弹性扩容能力优势,同时还可以提供人流量分析、弱覆盖分析、室内定位和可视化运维能力。

5G融合组网覆盖方案具备以下优点:(1)安装便利,由于采用外拉无源室分天线,皮基站作为信源无需外置于天花板外,其安装位置选择更加灵活,可降低安装成本和美化成本;(2)灵活演进,当通信制式更迭或者频谱变更时,融合室分方案仅需要更换少量的皮基站,功分器、室分天线、射频馈线均可以复用,迭代和演进的灵活性更高;(3)共建共享,在为多家运营商客户提供通信服务时,融合室分方案只需要在信源处安装各家设备,通过合路器、功分器和室分天线即可实现共建共享的目标。

2 5G室内覆盖共享技术方案

5G数字化室内覆盖系统带来网络性能提升,但也带来了5G室内覆盖设备能耗大幅增加,进而导致运营商运维成本增加。在运营商经营压力与日俱增的情况下,为了降低5G的总体成本,运营商之间的5G网络共建共享无疑是解决投资成本、运维成本过高和降本增效的有效解决方案。

5G室内覆盖接入网共建共享分5G NSA室内覆盖

接入网共建共享和5G SA室内覆盖共建共享两个阶段,每个阶段都有各自的技术方案。5G室内接入网共享主要是以有源室内覆盖为主,下面针对已建4G室内覆盖和未建4G室内覆盖采取不同的5G室内覆盖共享技术方案进行阐述。

2.1 已建4G室内覆盖系统5G共享技术方案

经过前期的4G建设,室内已有4G覆盖。覆盖的方式有4G DAS、4G有源室内覆盖等方式,这类场景需要增加5G覆盖。

2.1.1 同厂家NSA室内覆盖共享技术方案

NSA要求4G锚点设备与5G设备属于同一个厂商,实际部署满足两家运营商4G设备与5G设备属于同厂商的情景比较少,其组网架构如图4所示。

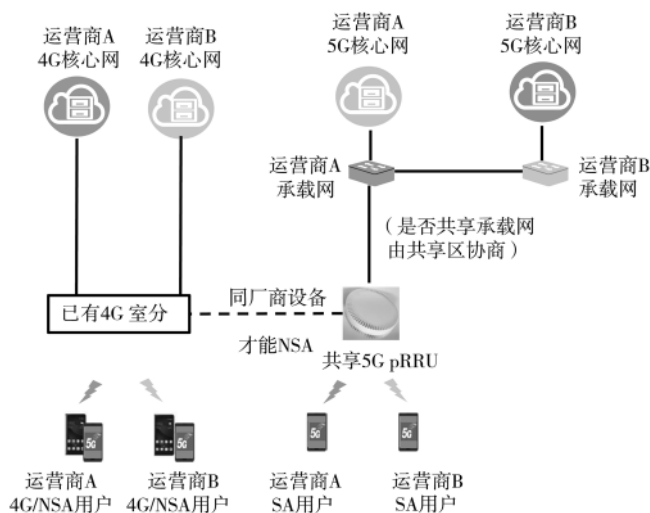


图4 已建室内覆盖系统(同厂家)NSA/SA共享架构

新建的5G pRRU设备通过网线或光电复合缆连接到同厂家的已建4G室内覆盖设备,可以实现5G NSA室内覆盖3种共享技术方案,即可实现双锚点技术方案、单锚点共享载波技术方案和单锚点独立载波技术方案。

5G 室内覆盖技术 5G Indoor Coverage Technology

2.1.2 异厂家 NSA 室内覆盖共享技术方案

对于 4G 和 5G 设备属于不同厂商的情况,一种可行的办法是采用 4/5G 多模有源室内覆盖,在有源室内覆盖系统上配置 5 MHz(或 10 MHz)的小带宽 4G 载波当作 NSA 锚点,同时原有的 4G 室内覆盖需要调整载频配置,让出 5 MHz LTE 带宽给有源室内覆盖,如图 5 所示。

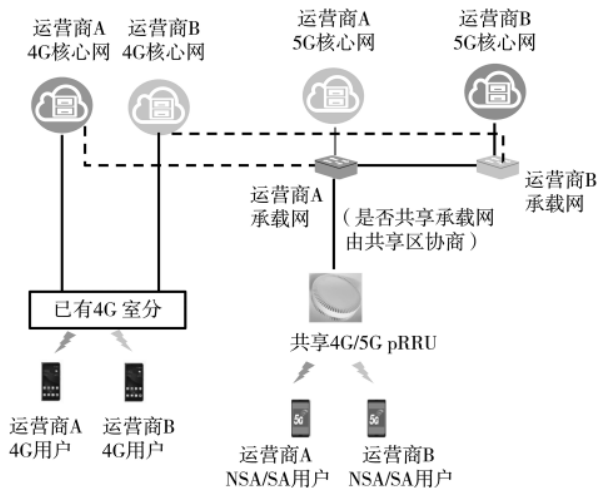


图 5 已建室内覆盖系统(异厂家)NSA/SA 共享架构图

对于接入到已有 4G 室内覆盖的用户,其策略是:如果是普通 4G 用户,保持原有接入流程;如果是 NSA 用户,在接入流程中 BBU 会识别该类型的终端,然后通过重定向或切换流程让这类 UE 在新建有源室内覆盖的 5 MHz 锚点 LTE 小区接入。

对于接入到已有新建有源室内覆盖的 5 MHz 锚点 LTE 小区用户,其策略是:如果是普通 4G 用户,在接入流程中识别该类型的终端,然后通过重定向或切换流程让这类 UE 在已有 4G 室内覆盖的 LTE 小区接入;如果是 NSA 用户,保持正常的 NSA 接入流程。

上述策略需要新建有源室内覆盖的 BBU 设备厂商支持该功能。

2.2 新建 4G 室内覆盖的 5G 室内覆盖共享技术方案

新建 4G/5G 有源室内覆盖网络拓扑如图 6 所示,可同时支持 NSA 与 SA 室内覆盖共享技术方案。

NSA 室内覆盖共享技术方案类似于 2.1.1 小节中同厂家 NSA 室内覆盖共享技术方案。

2.3 SA 室内覆盖共享技术方案

SA 是电信运营商最终的 5G 目标网络架构,因此 SA 室内覆盖共享是最终阶段的部署方案,SA 共建共享可以新建方式,也可以在原有 NSA 共建方案基础上软件升级而来。

5G SA 室内覆盖共享技术方案采用 5G SA 单模机型,初期由于 5G 用户较少,同时考虑到产业链进展,5G 室内覆盖部署 100M 单模有源室内覆盖设备,采用共享载波方案,为两家运营商用户提供服务,同时也能减少

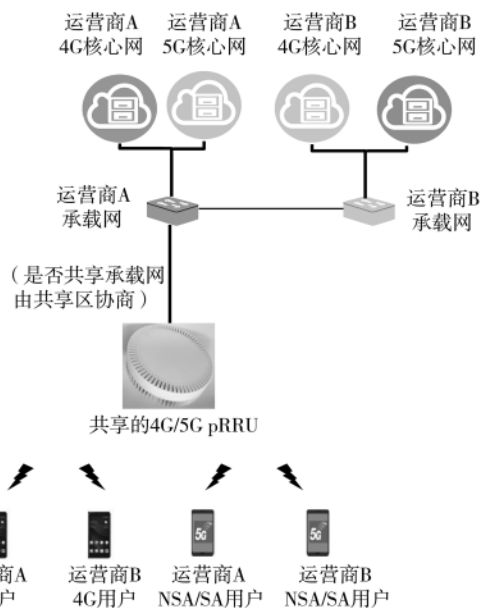


图 6 未建室内覆盖系统的 NSA/SA 共享架构图

初期的投资和运营成本;后期随着设备成熟以及用户数的增加,5G 室内覆盖部署 200M/300M 单模有源室内覆盖设备,采用 200M 独立载波、200M 共享载波,最终实现 300M 共享载波方案。

2.4 5G NSA/SA 室内覆盖共享语音解决方案

NSA 组网下语音主要回落 4G 保障,终端通过双连接同时接入 LTE 和 5G NR,控制面锚定在 EPC 核心网,通过 EPC 注册到 IMS 上使用语音业务。因为终端能同时支持 5G 和 4G 的数据收发,因而语音业务可选择承载在 LTE 上,数据业务继续在 5G 上。此时语音业务的方案实质上仍然是 VoLTE 方案,适合在 5G 部署初期作为 NR 热点覆盖的语音解决方案,以避免频繁切换引起的语音中断影响用户感受。终端平时驻留 5G 上并进行 IMS 注册,当发起语音呼叫时 5G RAN 发起回落流程,切换到 LTE 上继续进行呼叫建立流程。该方案在 5G 部署初期可作为核心网和无线的过渡方案,满足运营商初期建设 5G 网络只实现提升个人用户 eMBB 带宽的经营模式。

SA 组网架构下,可采用 EPS Fallback 或 VoNR 实现语音^[4]。

EPS Fallback 指 5G 终端驻留在 5G NR 使用数据业务,而语音业务在 LTE 上承载。当终端发起语音呼叫时,NR 通过基于测量的切换或者盲重定向流程指示终端接入到 LTE,使用 IMS 提供 VoLTE 语音业务。该方案适用于 5G 部署初期 5G 已经部署 NR 热点覆盖的场景,以避免频繁切换引起的语音中断,影响用户感受。

VoNR 是通过 5G NR 承载语音的技术方案,此方案在 5G 规模部署后使用,因为呼叫建立时间短(约 1.5 s),数据业务仍能高速传输而具有用户感受好的优势,是目标

语音方案。

3 5G 室内覆盖共享技术演进路线

根据共建共享的部署原则以及产业发展的情况,过渡期采用 NSA 方式共建共享,后期向 SA 方式共建共享演进,演进过程中可以一步到位形成 SA 共享方案^[5],也可以采用 NSA/SA 双模共享的过渡方式以兼容早期的单模 NSA 终端。可由实际的网络发展灵活选择演进路线。5G 室内覆盖共享演进路线如图 7 所示。

4 室内外协同与干扰避免

4.1 数字化室内覆盖系统带宽选择

从 3G/4G 的网络优化来看,室内外同频干扰问题比较难以解决,需要室内外异频部署,降低网规网优成本,提升网络质量,提高用户体验。因此,支持 100 MHz 和 200 MHz 瞬时带宽(Instantaneous Bandwidth, IBW)的设备应该是未来数字室内覆盖的主力设备。极端容量需求情况下,会需要支持 300 MHz IBW 的设备。

针对共建共享方案,根据部署场景,有如下部署建议:

(1)中、低容量场景:共享 3 300~3 400 MHz,室内外异频部署,避免同频干扰。例如快捷酒店、城中村、居民小区、写字楼等,建议室内部署 IBW 100 MHz 设备,多家运营商通过 100 MHz 共享载波的方式来共享。

(2)高容量场景:多家运营商通过共享 3 300~3 500 MHz,满足 200 MHz 带宽速率要求,采用 4T4R。例如校园、景区、CBD 中心、购物中心、大型超市、二三线城市的交通枢纽(地铁厅、高铁站、机场)等。

在超高容量且空间开阔场景,多家运营商通过共享 3 300~3 600 MHz,满足 300 MHz 带宽速率要求,采用 4T4R。例如体育场、展会中心、核心的高铁站和机场等,具备挂高 4.5 m 场景,室内可以部署 IBW 300 MHz 设备。室内外同频部署,需要通过宏微协同来降低同频干扰。

4.2 室内、外协同组网方案建议

室内覆盖总体策略是,容量价值区域尽量开启多载波,保证容量和感知。但是可能在室外宏基站和室内覆盖系统交叠区域存在郊区的室内外同频干扰。在这个交叠区域最好采用 3.3~3.4 GHz 的 100 MHz 进行覆盖。形成室内、外异频隔离带,在隔离带小区公共频点优先级配置隔离带频点最高,专用频点优先级室内频点优先,同时再叠加室内小区对应的切换参数配置,尽量保证 UE 优先在室内。在这个区域优先保覆盖,容量需求不明显。在此策略基础上再叠加考虑相应的室内外干扰协同技术,进一步缓解室内外同频干扰。

对于价值区域,室内容量非交叠区域依然采用 200 M,甚至 300 M 多载波覆盖,提升容量并保用户感知。载波使用策略上,中心用户优先驻留在 3 400~3 500 MHz(或 3 500~3 600 MHz),边缘用户优先驻留在 3 300~3 400 MHz。室内连续覆盖和干扰解决主要依赖超级小区合并技术。随着容量需求的不断增加,再叠加考虑超级小区场景下 SDMA 多用户空分提升小区容量。

对于非价值区域,优先考虑室外宏站覆盖室内,可以尽量利用已有宏站(如 100 m 以内宏站距离,且朝向合适)。对于利用不到现有宏站的,有条件的话可以新增室外宏站楼宇之间对打,在这种做法下会存在部分楼宇深度覆盖不足的情况,可以考虑 2.1 GHz 作为补充覆盖或者新增室内覆盖扩展型皮基站完善覆盖。

对于部分室内覆盖场景、深度覆盖不足场景或者室内,可以考虑用 2.1 GHz 补充。但是 2.1 GHz 因为终端渗透率和产业稍晚,网络覆盖效果是会受些影响。

对于大型商场或者场馆,既要保容量,又要考虑干扰的这类场景,可以考虑 300 MHz 组网,在小区域块间增加异频隔离带(如 200+100+200 MHz 隔离),进而改善干扰和容量。

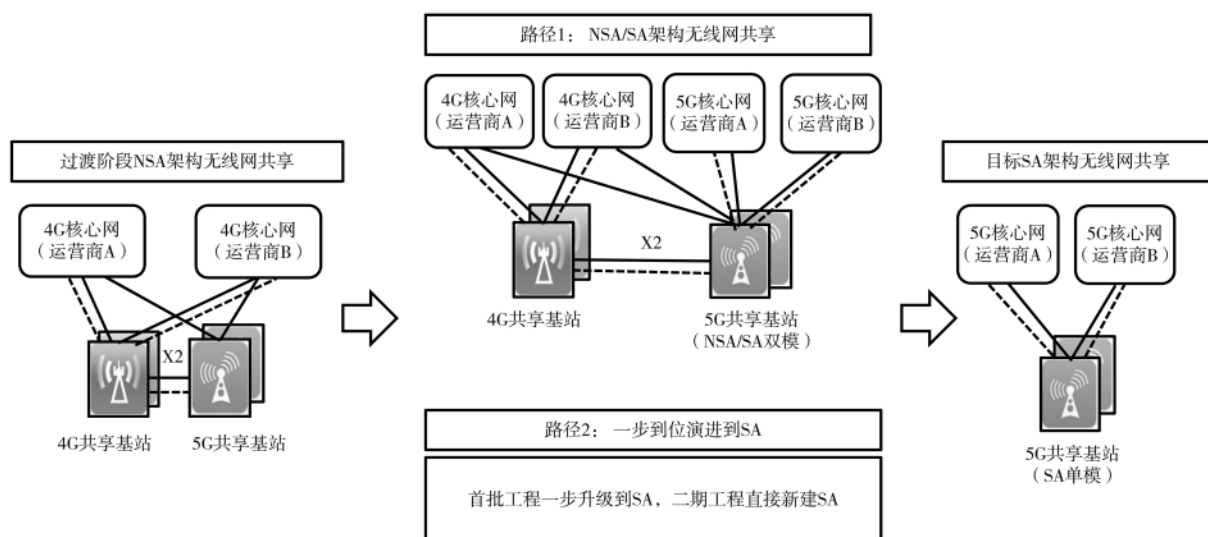


图 7 5G 室内覆盖共享演进路线

(下转第 43 页)

至边缘云进行计算,然后反馈计算结果,这与传统的人脸识别一体机相比,终端成本将降低至少 45%,同时提高权限的管理效率和提高识别算法的识别效率。

在技术演进方面,云化人脸识别系统由于运算识别都集中在云端,采集图像的前端只是完成了高清图像或者视频的采集以及结果呈现。在安全性要求更高的场合,可以通过升级后端的识别算法,由人脸识别演进至人脸识别+步态识别,可以通过云端识别算法的持续训练,不断实现更加安全、可靠的系统演进。

3.3 5G 云化机器人

通过移动机器人将柔性生产线生产完的设备根据需要送到相应的测试站,消除测试技工频繁来回推车的时间和人力成本。原先 AGV 车是采用 WiFi 信号,但是由于 WiFi 存在切换丢包、用户容量少、网络稳定性不好的问题,使得系统应用经常出现停车问题。现在 AGV 车装上 5G CPE,通过 5G 网络连接后台调度系统,解决了移动状态的可靠连接、多用户并发的实时稳定性问题。

同时,云化 vSLAM 技术逐步成熟,通过 5G 网络,基于高清摄像头+云化 vSLAM 技术的 AGV 车将逐步取代高昂成本的激光导航 AGV 车,实现降低成本至少 50%。

3.4 5G AR 远程指导

AR 远程工位指导利用 5G 网络的移动性和大带宽优势,采用 AR 眼镜提供所见即所得的现场视频,即采

用数字孪生技术进行现场的情景再现,跨区域远程指导制造现场过程中出现的问题,保障生产制造过程中的问题快速高效地得到解决,节省去现场解决问题的人力资源及相关差旅费用。

这种采用数字孪生技术的 AR 远程指导将来可以推广到非常广泛的工业场景中,实现专家时刻在现场,高效、快速地解决生产中的问题,也可解决高危环境的现场作业问题。

3.5 室内高精度定位

通过 5G 开放式小基站远端单元的 Ethernet 物理接口连接工厂已有物联网,如融合蓝牙网络、UWB 网络,可以实现高性价比的物联管理,精度从基于蓝牙的米级到基于 UWB 的厘米级定位能力,可以对工厂内人员、资产进行定位和智能盘点。通过 UWB 与叉车、通勤车的结合,可以实现工厂内的无人驾驶。

4 结论

5G 是数字经济时代的基础设施,位于我国新基建之首,其重要性不言而喻。行业应用的多样性也需要更加丰富的 5G 解决方案,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

(下转第 52 页)

(上接第 37 页)

5 结论

5G 正处于深入发展和产业化培育的关键时期,全球各国在国家数字化战略中均把 5G 作为优先发展领域,强化产业布局,塑造竞争新优势。国家也紧抓这一历史性新机遇,加大统筹推进力度,加快 5G 产业化进程,超前部署网络基础设施,营造产业生态环境,深化各领域融合应用,全面开创 5G 发展新局面。

5G 共建共享可以节省大量设备投资,有效提高网络设备利用效率,同时最大程度保障网络用户体验。因此,5G 阶段共建共享的必要性和战略意义凸显。室外共建共享已在全国范围内部署和试运营,并取得较好成绩。随着 5G 建设深入开展,5G 室内覆盖共建共享将迫在眉睫。

中国运营商开启了全球规模最大的 5G 共建共享网络的建设,由于属于创新型网络,没有可以借鉴的成功经验,只有在不断的发展中完善技术标准、革新技术产品。本文对 5G 室内共建共享意义、分类、技术方案、演进路线、室内外协同和干扰避免以及语音解决方案等方面进行系统化地分析和探讨,5G 室内共建共享方案是可行的,后续将着重实现应用落地。

参考文献

- [1] YOU X H, PAN Z W, GAO X Q, et al. The 5G mobile communication: the development trends and its emerging key techniques[J]. Scientia Sinica, 2014, 44(5): 551.
- [2] LIU G, JIANG D. 5G: Vision and requirements for mobile communication system towards year 2020[J]. Chinese Journal of Engineering, 2016, 33(7): 1-8.
- [3] 张志荣, 李志军, 陈建刚, 等. 5G 网络共建共享技术研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(4): 1-5.
- [4] 李晶, 李志军, 周阅天, 等. 5G 共建共享语音业务解决方案研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(4): 6-9.
- [5] cnTechPost. China unicom and China telecom launch China's first shared 5G SA base station[OL]. (2019-12-15) [2020-06-01]. <https://cntechpost.com/2019/12/15/china-unicom-and-china-telecom-launch-chinas-first-shared-5g-sa-base-station/>.

(收稿日期: 2020-06-01)

作者简介:

张志荣(1973-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 4G/5G 移动通信技术、网络 AI、网络节能、物联网技术等。

李晶(1994-), 女, 硕士, 主要研究方向: 4G/5G 移动通信无线网络创新与研发。

李志军(1976-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 5G 网络技术与规划、4G/5G 协同组网等。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所