

基站设备演进趋势和 部署策略研究

Research on Evolution Trends and Deployment Strategies of Base Station Equipment

杨定楚¹,李展²,王森¹,童心³(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;3. 华夏邮电咨询监理有限公司,河南 郑州 450007)

Yang Dingchu¹,Li Zhan²,Wang Sen¹,Tong Xin³(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 3. Huaxia Post and Telecommunications Consulting & Supervision Co., Ltd., Zhengzhou 450007, China)

摘要:

结合移动通信发展历程,回顾了基站设备的能力变化,总结基站设备的发展演进趋势,并对未来5G-A和6G无线网络及设备演进进行了展望,最后基于国内某运营商5G/4G精品网建设要求,对基站部署策略进行了探讨。

关键词:

设备演进;5G;数字化;物联网;通感融合;策略

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.10.005

文章编号:1007-3043(2023)10-0021-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

Based on the development history of mobile communication, it reviews the capability changes of base station equipment, summarizes the development and evolution trends of base station equipment, and looks forward to the future evolution of 5G-A and 6G wireless networks and equipment. Finally, based on the construction requirements of a domestic operator's 5G/4G high-quality network, the deployment strategy of base stations is discussed.

Keywords:

Equipment evolution; 5G; Digitization; IoT; HCS; Strategy

引用格式:杨定楚,李展,王森,等. 基站设备演进趋势和部署策略研究[J]. 邮电设计技术,2023(10):21-25.

0 引言

全球移动通信行业发展迅猛,从20世纪80年代的第一代移动通信技术发展至今,已经历了40余年,到了第五代。移动通信提供的业务类型也从最基础的模拟通信的语音通话,发展到数字通信的电话、短信,再到低速数据业务、高速移动宽带业务和万物互联业务等。随着网络的更新换代,基站设备也发生了翻天覆地的变化,设备形态、能力都在向着多样性、高

集成、智能化和绿色低碳等方向演进。

1 移动通信发展历程回顾

1978年,美国贝尔实验室基于蜂窝网络概念研制出了先进移动电话系统(AMPS),这是第一代移动通信系统。2G克服了模拟系统的诸多缺点,并能提供低速数据、语音信箱、短消息等新业务。2G时代的通信协议主要分为2种,分别是欧洲的GSM和美国的CDMA。随着技术的不断创新与进步,到2000年左右,第三代移动通信系统(3G)开始商用。中国提出的TD-SCDMA标准与欧洲的WCDMA、美国的

收稿日期:2023-08-10

CDMA2000成为3G的3种主要制式。4G标准于2004年在3GPP会议上正式立项并启动,取名为LTE,引入了正交频分复用和多天线MIMO等技术,4G网络在2014年左右得到了迅猛的发展。ITU-R于2015年6月定义了5G的关键应用场景:增强型移动互联网业务(eMBB)、海量连接的物联网业务(mMTC)和超高可靠性与超低时延业务(uRLLC)。5G技术通过信道编码技术提高了频谱利用率、使用更丰富带宽频谱资源的频段,提高数据速率,以满足低时延的需求。2019年6月6日,工业和信息化部正式向中国电信、中国移动、中国联通和中国广电发放5G商用牌照,标志着中国正式进入5G商用元年。目前,5G网络覆盖率已经达到一定水平,未来5G发展的关键是应用^[1]。不同代际的移动通信网络能力如表1所示。

2 基站设备演进趋势分析

由于不同覆盖场景具有不同的覆盖和容量需求,为了减小资源浪费,需要选择不同频率组合基站设备;同时,随着硬件技术的不断发展,5G芯片的处理能力需要不断提高,设备集成度也将不断提升;无线网络智能化是未来重要的发展方向,将智能融入无线网络业务、体验和运维等方面,使无线通信从万物互联走向万物智联;此外,5G网络还面临高建设成本(CAPEX)/运营成本(OPEX)、高功耗等问题,为了实现绿色低碳可持续发展的战略目标,基站设备需要不断降低能耗。基于以上几个因素,未来基站设备将沿着形态多样、高度集成、无线智能、绿色低碳的方向演进。

2.1 形态多样

基站主设备形态从2G时代传统的宏基站,到3G时代RRU分布式基站(射频拉远),再到4G时代的SDR(软件定义无线电,多制式合一)基站,逐步进化到

当前5G时代主流的AAU(集成RRU和天线)形态。为了能够适应不同的覆盖场景和差异化的用户需求,5G基站设备形态呈现多样化的发展态势,目前已经具备了涵盖3.5 GHz、2.1 GHz、900 MHz多个频段、不同通道数、不同功率的AAU/RRU室外室内的宏基站设备。还包括可以整合存量天线的集成无源天线AAU一体化特色设备。后续将继续向着FDD Massive MIMO AAU以及多模多频设备演进。基站设备的形态演进依赖于网络架构和站点形态的发展和变化。

a) 网络架构方面。多频多模大容量是后续网络发展的重要趋势。宏站和微站结合是提升站点覆盖和容量的重要方式,接入网的扁平化以及资源处理池等需求都是推动宏基站架构变化的重要动力。同时,基带处理单元(BBU)也发生了巨大的变革。在2G和3G时代,基站BBU仅支持单个频段和单一制式,其扩容能力较弱。然而,进入4G和5G时代后,BBU开始朝着多频多模大容量方向演进。为了满足BBU集中需求,单个BBU需要支持更多小区的接入。为了满足2B业务对上下行差异化的需求,BBU需要具备不同时隙配比的载波能力。设备不仅要支持7:3时隙配比的载波,还要满足1:3等其他3GPP标准定义的时隙配比类型。

b) 站点形态方面。宏基站逐步支持更多种类的射频模块(宽频、扇区化、多收多发等)。站点形态逐步从相对固定覆盖范围的传统站点向适配不同场景覆盖和容量特点的“宏、杆、室、微”综合性解决方案演进。另外,由于节能减排的要求,直通风和液冷等技术逐步被应用到基站和各组成部件。同时,随着站点获取难度日益增加,新建站点的数量逐步减少,在站点利旧、多频天面等场景中,新的基站解决方案需符合设备需求不断变化趋势,宏基站、小微基站和室内分布式基站仍然是未来几年的无线接入新建或扩容

表1 不同代际的移动通信网络能力总结

代际	主要特征	功能	最大速率	制式网络
1G	模拟信号	语音通信	-	美国移动电话系统(AMPS)和北欧移动电话(NMT)
2G	数字信号	语音、短信	64 kbit/s	全球移动通信系统(GSM)、码分多址(CDMA)、时分多址(TDMA)
2.5G	基于2G的增强版本	增加网页功能,如邮件和互联网浏览等	384 kbit/s	通用分组无线服务(GPRS)和增强数据速率(EDGE)
3G	高速数据传输	增加视频功能	2 Mbit/s	通用移动通信系统(UMTS)、CDMA2000和TD-SCDMA
3.5G	基于3G的增强版本	提供更快的数据传输速度	21 Mbit/s	高速分组接入(HSPA)和增强型高速分组接入(HSPA+)
4G	移动宽带	支持高速数据业务	150 Mbit/s	长期演进技术(LTE)
5G	移动物联网	支持更高的数据传输速率、更低的延迟和更多的连接设备,可以实现诸如VR/AR、物联网等新型应用	10 Gbit/s	-

的主流形态^[2-4]。随着业务量的不断增长,现有频谱容量将出现瓶颈,未来亟需更大容量的新频谱,新频谱的应用将催生新形态的基站设备,比如毫米波和6 GHz频段等频谱。毫米波基站将以超大带宽(200M、400M每载波)和超多阵列(单模块超过1 000个振子)作为基础,同时通过软件方式实现智能波束管理,以达到高频毫米波基站超高的性能。如图1所示,可根据不同场景特点因地制宜选择不同的基站形态。

未来基站设备形态演进中还会考虑云基站的形态。云基站采用通用服务器,基于虚拟化和云化技术的网络架构逐步实现硬件资源云化,实现更加开放、智能化的虚拟化无线基站。扩展型微站是基站设备形态向云基站演进过程中的过渡阶段,采用通用服务器架构但尚未实现虚拟化,仅以通用服务器替代专用硬件实现软件功能,具备一定的软件化能力。

2.2 高度集成

首先,5G基站设备的集成度不断提高。随着硬件产业链的发展,5G芯片的处理能力将不断提高,半导体工艺也需要更新换代,通过采用高性能、高集成度的芯片(如AISC大规模应用),采用更先进的半导体工艺技术(如5 nm工艺),5G基站设备的集成度不断提高,设备体积更小、功耗更低,有利于节约机房空间,降低能耗和OPEX成本。

其次,5G基站在服务范畴方面不断扩展。5G基站不仅仅服务于2C人网通信,还兼顾专网与5G 2B领域的需求。物联网需求的持续爆发性增长离不开5G的支持,5G网络也需要持续增强更好地支撑物联,满足未来承载千亿连接的需求。这要求5G网络能支撑

不同速率档位的物联类型,匹配行业差异化需求;此外,当前大量的物联应用基于无源连接,如何通过网络化的技术提升无源物联的识别率、覆盖范围、定位精度是5G网络未来的创新方向,需要产业合作伙伴共同制定标准并推动产业链的发展。

再次,5G频谱资源不断集成和重构。频谱是无线网络的基石,产业需要共同推进Sub 100G全频谱走向NR,促进包括6 GHz、毫米波等NR新频谱的研究与开放应用。同时为提高对现有频谱的商用效率,需对现有频谱(包括800 MHz、900 MHz、1 800 MHz、2 100 MHz等)重耕进行研究,通过MB-SC(Multi-Band Serving Cell)技术将现有离散多频段资源统一调度实现高度集成,使用户获得与5G大带宽相同的业务体验^[5]。

2.3 无线网络智能

无线网络智能化是未来重要的发展方向,将从网络运维管理向智能内生方向发展。实现以业务为中心的时、频、空、算力等核心资源要素的“端到端”智能化自适应,解决全网“能耗”与业务负载智能化匹配等多项技术难题。降低网络运维复杂度,降低人力成本,加快构建智能、绿色、高效的全新通信网络。

为了解决无线网络的结构矛盾,实现流量激增而能耗微增,运维复杂度增加而人力不增,保持网络动态变化的同时保障业务体验的确定性,本文提出一种智能化解决方案:在基站侧引入智能化算法构建分层自治、垂直协同的无线智能网络^[6]。面向未来业务需求,在空口、网络、业务侧需全面推动智能化演进,保障多元化用户体验,助力千行百业的发展。

2.4 绿色低碳

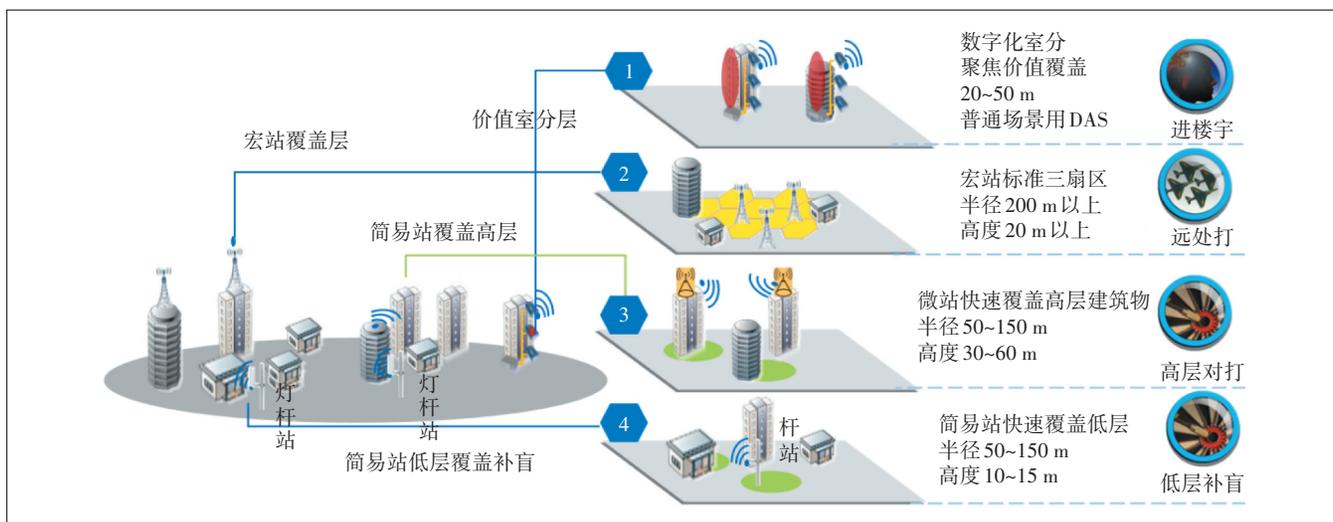


图1 根据不同场景特点因地制宜选择不同的基站形态

按照国内运营商的“碳达峰、碳中和”行动计划,到2025年单位电信业务总量综合能耗将降低15%。为了实现这个目标,需要探索空口、设备、站点、网络等端到端的节能和增效手段。基站是能耗最大的网络设备,因此,在基站设备技术演进过程中,降低能耗显得尤为重要。通过高集成化和算法迭代优化,可以不断提高整机的运行效率;通过“智能化”解决方案,基于业务量等网络KPI变化和用户业务体验的需求,可以实现智能、精准、高效的资源配置,从而进一步提升无线基站设备的节能效果。在网络层面,通过不断深入的共建共享,可以不断优化现有的网络,从而降低无线网络的整体能耗。

在降低基站功耗方面,首先广泛采用设计更加精密、集成度更高的新一代专用基带芯片和专用中频芯片;其次采用高效氮化镓功放,并从功放算法方面不断进行创新和实践,同时应用新型材质陶瓷滤波器、新技术电源和先进的散热器等技术,降低基站整体功耗。在节能软件功能方面,在保障5G业务体验不下降的前提下,根据基站覆盖的不同场景和业务负荷情况,采用符号关断、射频通道智能关断、LTE/NR智能载波关断、深度休眠等分层分级节能功能,进一步降低基站整体功耗,实现绿色低碳的节能目标。

3 未来网络及设备演进展望

3.1 5G-A(5G-Advanced)网络演进

5G-A是5G的增强和演进,在5G基础上扩展了三大新场景,包括上行超宽带(UCBC)、实时宽带交互(RTBC)和通信感知融合(HCS),通过万兆体验、千亿连接和内生智能,从支撑万物互联到赋能万物智联,为人联、物联、车联、智造产业等场景带来商业新价值。

a) UCBC。在5G上行能力基线峰值带宽250 Mbit/s基础上,实现40倍以上的提升,使上行带宽达到10 Gbit/s以上,可满足企业生产制造等场景下的机器视觉、海量宽带物联等业务的上传需求。

b) RTBC。实时宽带交互技术需要支持大带宽和低交互延迟,其目标是在一定的时延限制下将带宽提升10倍,以打造人与虚拟世界交互时的沉浸式体验,例如XR Pro和全息应用等。

c) HCS。通感融合指的是在通信系统中将感知能力进行融合,通过空口及协议的联合设计以及软硬件设备的共享,使用相同的频谱资源,利用无线信号

的直射、反射、散射等方式,对目标对象或环境信息进行实时的感知,从而构建一个低成本、高精度且无缝泛在的通信感知一体化网络。通感融合将开启一个超越传统移动网络联接的应用领域。

3.2 6G网络展望

相比于5G网络,6G网络将有更高的频率和更低的延迟,提供更快速、更安全、更智能、更广泛的无线通信服务。6G网络的目标是为移动用户提供多媒体、联网的全天候信息服务。6G网络通过应用更大的频谱带宽和新技术,传输速度将比5G快数十倍,达到1 TB/s,网络延迟也可能从毫秒降到微秒级。6G网络还将支持更多的应用场景,如空间通信、智能交互、触觉互联网、情感和触觉交流、多感官混合现实、机器间协同、全自动交通等^[7]。

6G网络架构将延续5G网络架构演进,制定“三层四面”的架构,其中,“三层”包括云网资源层、网络功能层和应用使能层;“四面”,在传统的控制面和用户面基础上,增加智能面和数据面,同时进一步增强云网一体运营能力,基于云网融合操作系统实现自治网络端到端全业务按需服务的能力。在网元演进方面,将网元能力进行聚合,形成至简的架构、接口和端到端业务流程。在原生智能方面,面向6G提供分布式网络AI能力,实现分域和跨域自治,具备跨层跨域自治、即插即用的自动控制、用户按需服务等能力,并关注网络安全。通感算一体方面,实现多维数据的感知和控制,实现移动计算和QoS保障,达到支撑不同网络服务的目的。网络自身也实现实时的网络性能监控。6G通信技术不再是简单的网络容量和传输速率的突破,它更是为了缩小数字鸿沟,实现万物互联这一“终极目标”。6G的数据传输速率可能达到5G的数十倍,时延缩短到5G的1/10,在峰值速率、时延、流量密度、连接数密度、移动性、频谱效率、定位能力等方面远优于5G。

未来6G网络设备形态将由3部分组成:各种轨道卫星构成的天基网络、飞行器构成的空基网络和传统的地基网络,其中传统的地基网络包括蜂窝无线网络、卫星地面站和移动卫星终端以及地面的数据与处理中心等。

4 基站部署策略探索

国内运营商持续推进新型数字信息基础设施建设,全面加速数字化转型,以客户为本,构筑网络差异

化竞争优势。在5G网络建设和频谱规划方面,全面深化共建共享,采用“低频打底+中频做优”的网络架构,以最经济、最高效、最快捷的手段,打造热点厚、室内深、农村广、网络简、体验优的5G/4G精品网。充分发挥共建共享优势,建设5G打底网,网络广度及浅层覆盖与行业相当,实现重点区域体验领先。

根据5G/4G精品网建设要求,需对不同覆盖场景的覆盖和容量需求制定最优的设备选型方案。

4.1 室外场景

a) 市区场景。市区分为密集城区、一般城区和郊区。市区场景采用3.5 GHz作为主力承载,重点区域及口碑场景部署200M网络。密集城区优先采用3.5 GHz 64TR大容量设备,一般城区和郊区主要采用3.5 GHz 32TR设备。城区场景需充分利用大数据手段,结合网络测试和运营数据,深入分析,精准定位网络问题点,重点满足5G用户密集且无5G覆盖、中频4G超忙且无5G覆盖等场景的网络覆盖需求,以期达到快速、高效、精准建设的目的。

b) 县城场景。县城按经济发展程度可分为发达县城和一般县城。发达县城以3.5 GHz 32TR为主,普通县城可选择3.5 GHz 8TR设备,实现分区域协同组网。

c) 乡镇及农村场景。在东部乡镇及行政村,优先采用低频网进行覆盖;在西部低流量农村区域,优先争取700 MHz漫游和800 MHz低频共享。在乡镇和农村场景,逐步推进中国电信和中国联通低频一张网,以解决覆盖有无和基础业务(语音、低速数据)兜底的问题。

4.2 室内场景

根据楼宇价值,因地制宜、分类施策,制定场景化解决方案,精准、快速提升楼宇深度覆盖水平。

重点场景5G网络全覆盖,口碑场景高配,打造差异化竞争优势。高校校园、高铁车站、机场、三甲医院、地铁、商务办公区、3A以上景区、五星级及以上酒店、大型商业购物区、政府部门(四套班子+服务窗口)等重点场景,采取名单制管理,实现5G网络全覆盖。其中口碑场景以3.5 GHz数字化室分为主,室内具备300M网络能力,覆盖和感知双优,打造差异化竞争优势。

中价值场景兼顾覆盖、性能和成本。对于中价值楼宇可采用3.5 GHz DAS、2.1 GHz合路、扩展型微站等建设手段;对于低价值楼宇可以选择2.1 GHz合路、扩

展型微站、直放站、室内外协同等低成本手段进行覆盖。

住宅场景室内外协同提升覆盖。采用室外综合覆盖、小区滴灌等多种技术手段,充分发挥2.1 GHz室外打室内覆盖效果,提升覆盖、降低成本。

实现名单制地下停车场移网全覆盖。移动支付、充电桩应用、多媒体应用、OTA升级、智能驾驶等地下停车场内触发的新业务场景不断涌现,对网络覆盖提出了更高要求。应根据场景价值及业务需求,并充分考虑数字化室分融合组网方案、直放站等低成本建设手段,快速实现移网覆盖。

5 结束语

5G技术已经改变了人们的生活方式,大大加速了整个社会的信息化和数字化进程,推动社会逐步走向“数字孪生和智慧泛在”的时代。随着无线通信技术的不断发展,未来的无线基站设备将向更加高度集成、智能内生、高效节能、管理便捷高效的方向演进。因此,通信运营商和技术服务产业链都需要持续跟踪和研究无线基站设备的演进和网络部署策略,以便更好地指导网络规划和建设实施。

参考文献:

- [1] 刘佳. 5G移动通信技术发展分析[J]. 科学与信息化, 2018(8): 43-44.
- [2] 赵小龙, 赵建霞, 王昕. 基于MR数据的维优规建一体化网络覆盖提升方案[J]. 邮电设计技术, 2020(5): 60-62.
- [3] 关皓, 杨凡, 孙静原, 等. 5G无线接入网络部署的关键问题[J]. 邮电设计技术, 2018(11): 17-22.
- [4] 李盛善, 龚舒, 李吉鹏. 基于场景化价值评估的5G无线网规划[J]. 信息通信, 2020(2): 242-245.
- [5] 宋心刚, 张冬晨, 李行政, 等. 2.6GHz频段5G上行干扰分析与识别研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 34(4): 74-81.
- [6] 刘珊, 黄蓉, 吴越, 等. 无线云网络智能化研究与展望[J]. 邮电设计技术, 2023(5): 39-44.
- [7] 刘丹丹, 朱斌, 胡悦, 等. 空天地海一体化协同路由方案研究[J]. 邮电设计技术, 2023(5): 56-63.

作者简介:

杨定楚, 毕业于武汉大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动通信新技术研究、无线网络规划设计工作; 李展, 毕业于华中科技大学, 工程师, 硕士, 主要从事无线网络研究、规划、建设和项目管理等工作; 王森, 毕业于南京邮电学院, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动通信网络规划和技术咨询工作; 童心, 毕业于中国传媒大学, 助理工程师, 学士, 主要从事电源系统研究、规划等工作。