

# 5G有源室分共享可行性研究

## Feasibility Research on 5G Active Indoor System Sharing

侯彦庄,陈小奎,吕正春(中国铁塔股份有限公司,河南 郑州 450000)

Hou Yanzhuang, Chen Xiaokui, Lü Zhengchun(China Tower Corporation Limited, Zhengzhou 450000, China)

### 摘要:

目前国内尚无支持3家运营商共享的有源室分产品,网络建设面临部署成本高、物业协调困难和空间资源不足等问题。为了探索低成本、可共享的有源室分系统,分析评估了支持中国移动、中国电信和中国联通等3家运营商共享有源室分系统的技术和市场可行性。

### 关键词:

5G;有源室分;共建共享

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.11.010

文章编号:1007-3043(2023)11-0049-06

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:

At present, there is no active indoor system product in China that supports sharing among three operators, and network construction faces problems such as high deployment costs, difficulty in property coordination, and insufficient spatial resources. In order to search low-cost, shareable active indoor system, it analyzes and evaluates the technical and market feasibility of active indoor system product that supports China Mobile, China Telecom and China Unicom to share.

### Keywords:

5G; Active indoor system; Co-construction and sharing

引用格式:侯彦庄,陈小奎,吕正春. 5G有源室分共享可行性研究[J]. 邮电设计技术, 2023(11): 49-54.

## 0 引言

5G信号频段高,穿透损耗大,室内覆盖主要依靠室分完成<sup>[1]</sup>。在5G网络建设中后期,运营商主选有源室分以满足高速率、大容量以及更丰富的应用需求,同时将面临有源室分造价偏高的难题。

目前国内的有源室分基站主要来自传统主流设备商的分布式皮基站和专业小基站设备商的扩展型皮基站,只支持中国电信和中国联通共享,若能支持中国移动、中国电信和中国联通全部共享,部署成本

将可能进一步降低。针对此现状,特对支持3家运营商共享的有源室分的技术可行性和市场前景进行研究评估。

## 1 有源室分系统介绍

有源室分系统采用基带单元、远端汇聚单元、无线射频单元的3级架构,将大功率RRU通过数字化技术设计成多个小功率微型射频拉远单元,完成信号覆盖,如图1所示。

基带单元(BBU)主要负责无线协议栈的实现,集中管理基站系统,完成上下行的数据信令处理、资源管理和操作维护功能,主要硬件构成如图2所示。

收稿日期:2023-09-20

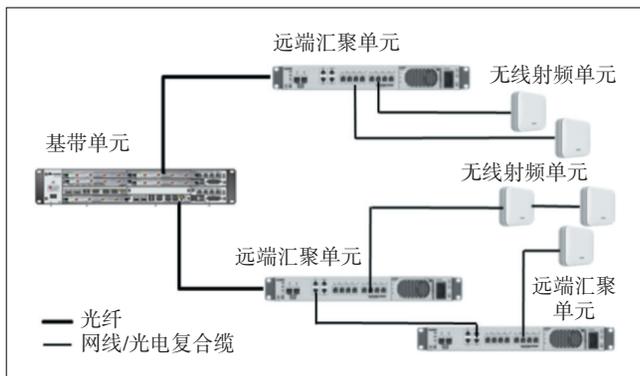


图1 有源室分系统架构

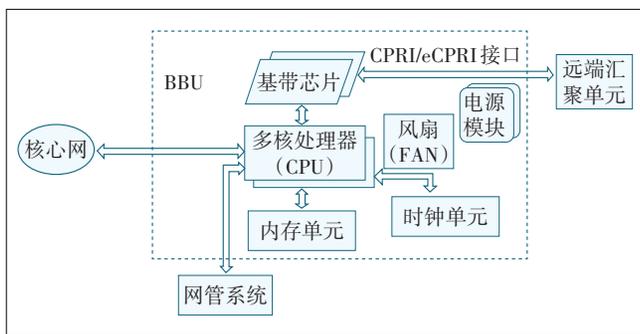


图2 BBU硬件构成示意

远端汇聚单元(Radio HUB, RHUB)负责BBU与远端射频单元之间数据的转发, 内置PoE (Power over Ethernet)向远端射频单元供电, 主要硬件构成如图3所示。

远端射频单元(pRRU)将基带信号调制到发射频段, 经滤波放大后通过天线发射; 接收通道从天线接收射频信号, 经滤波放大后, 采用零中频技术将射频信号下变频, 经模数转换为数字信号后发送给BBU进行处理, 其主要硬件构成如图4所示。

传统主流设备商基于已有市场和未来收益等方面的考虑, 明确表示无研发支持3家运营商共享的有源室分产品的意愿, 专业小基站设备商基于优化产品性能、降低成本和推进ORAN (Open Radio Access Network) 标准化进程的考虑, 对此有积极的意愿。因此, 对有源室分共享的可行性评估的调研目标以专业小基站设备商为重点, 基于扩展型皮基站对产品的可行性进行评估。

## 2 有源室分共享可行性

3GPP TS 23.501<sup>[2]</sup>在第5.18节网络共享中明确说

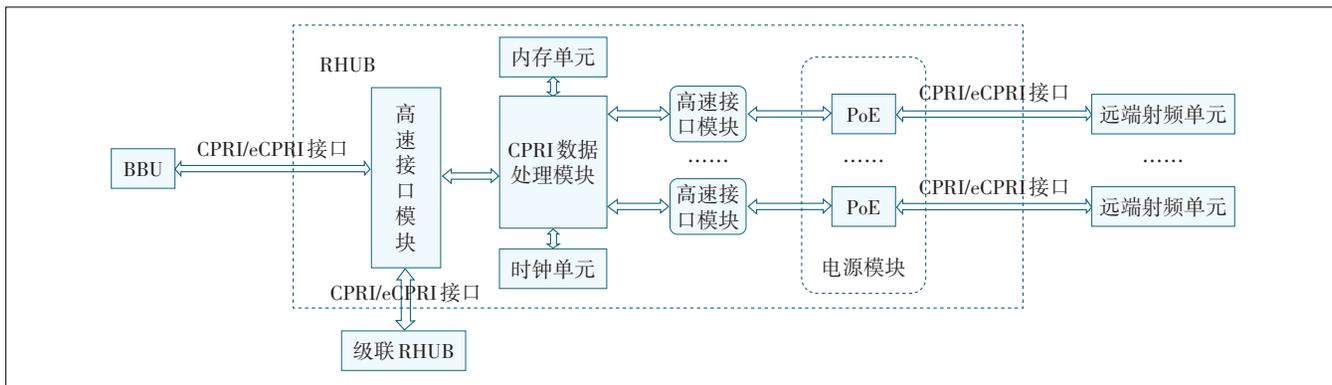


图3 RHUB硬件构成示意

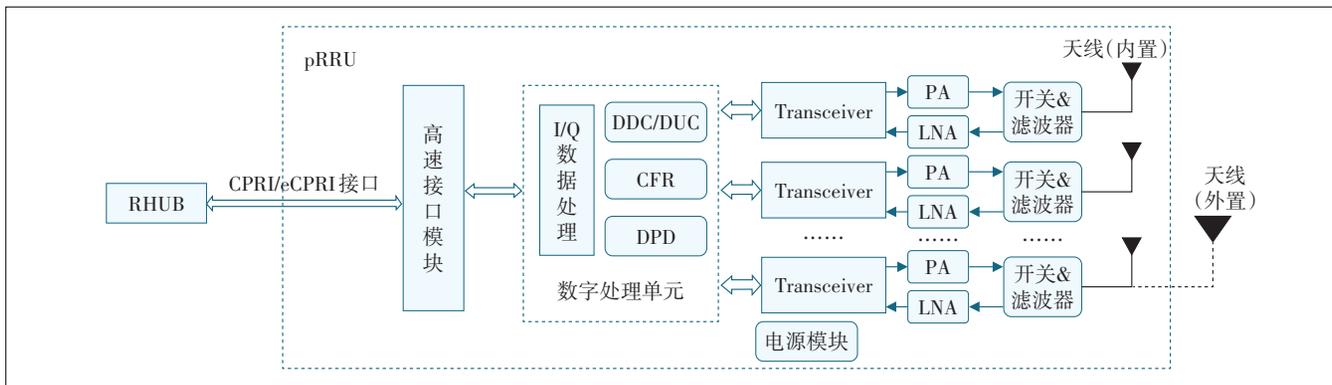


图4 pRRU硬件构成示意

明,目前只有5G MOCN(Multi-Operator Core Network)一种网络共享架构,只有RAN侧可共享,核心网不共享,UE、RAN和AMF(Authentication Management Function)均应支持运营商使用不止一个PLMN ID的能力,具体如图5所示。

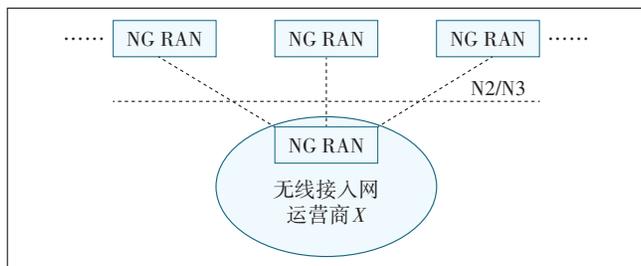


图5 5G多运营商共享网络架构示意

针对MOCN网络架构中的关键技术和处理流程,包括共享网络的系统消息广播<sup>[3]</sup>、PLMN列表处理<sup>[4]</sup>、UE网络注册、移动性管理<sup>[5-6]</sup>等,3GPP协议均有明确说明,某公司发布的《5G RAN多运营商共享特性参数描述》技术文档中也有其gNodeB侧目前最多可支持6个运营商共享的描述<sup>[7]</sup>,说明支持中国移动、中国电信和中国联通等3家运营商共享的有源室分,无论是协议支持方面,还是产品实现方面,均是可行的。

通过与多个设备厂家进行论证,确定紧耦合共享方案作为有源室分共享产品的开发架构(见图6)。

a) BBU、RHUB和pRRU全部共享,且来自于同一厂家,以规避异厂家之间无法对接的情况。

b) BBU通过传输与3家核心网和共享网管系统建立连接。共享网管系统由设备承建方统一建设和管理,承建方提供北向接口给各运营商网管进行网络性能和状态查询、有限的配置管理,具体权限由承建方和运营商商议确定。

c) 中国移动与中国电信、中国联通之间独立载频

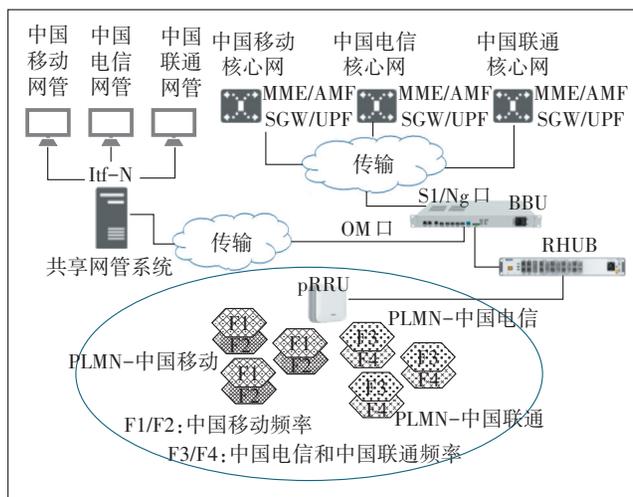


图6 有源室分基站共享方案系统示意

共享,中国电信与中国联通之间共载频或独立载频共享。

参考国内已有支持5G的扩展型皮基站的关键技术指标,结合各运营商对扩展型皮基站的设备技术规范要求,确定有源室分共享产品的关键技术规格如表1所示。

基于紧耦合共享方案和关键技术规格,进一步分析有源室分共享产品的性价比,主要涉及体积、功耗以及成本等方面的评估。

### 3 性价比分析

目前扩展型皮基站<sup>[8-9]</sup>主要存在3种架构,分别是X86+FPGA、ARM+FPGA和ARM+SOC。

a) X86+FPGA架构,X86服务器实现L2、L3协议栈,FPGA处理信道编解码和前传等L1部分功能。产品成熟度较高,是目前大部分扩展型皮基站厂家采用的主流架构,体积、功耗和成本相对较高。

b) ARM+FPGA架构,将X86替换为ARM服务器,

表1 有源室分共享产品关键技术规格

频段范围/MHz	协议频段	IBW/MHz	小区规格 <sup>①</sup>	小区带宽/MHz	天线类型	最大输出功率/mW <sup>②</sup>	通道 <sup>③</sup>
3 300~3 600	N78	100	4(2T2R)/2(4T4R)	100及其以下协议规定带宽	内置	2×250/4×250	2T2R/4T4R
					外置	3×2×125	
2 515~2 675	N41	100	4(2T2R)/2(4T4R)		内置	2×250/4×250	
					外置	3×2×125	
1 710~1 735 1 805~1 830	Band3	20	2(2T2R)	20及其以下协议规定带宽	内置	2×125	2T2R
					外置	3×2×50	
1 735~1 785 1 830~1 880	Band3	20	2(2T2R)		内置	2×125	
					外置	3×2×50	

注:①N(aTbR)表示N个aTbR的小区;②a×b×c表示a个b通道的c mW的通道功率配置;③aTbR表示射频模块中有a个发射通道和b个接收通道。

体积、功耗和成本更低,但成熟度和性能上限相比X86较弱,前期开发需要更多的成本投入,目前国内使用的厂家相对偏少。

c) ARM+SOC 架构,将 ARM+FPGA 中的 FPGA 和部分功能模块(高速接口模块、DFE 芯片)替换为 SOC 芯片,体积、功耗和成本更具优势,可靠性更高。但平台成熟度较弱,国内 5G SOC 基带芯片非常少,采用这种架构的厂家非常有限。

相比于普通扩展型皮基站,支持 3 家运营商共享意味着单站支持的小区数、频段数、带宽、通道数、数据处理等方面的规格能力均需提升,进而对设备提出了新的要求(见图 7)。

a) X86+FPGA 架构产品,普通 CPU 需替换为性能更强的高规格 CPU, FPGA 芯片、电源、内存以及光模块等也需要提升规格能力。

b) ARM+FPGA/SOC 架构产品,本身硬件处理能力相对较强,除了电源模块、内存、光模块等替换为高规格的产品之外,将产品内部的软件部分进行匹配升级即可满足支持 3 家运营商共享的规格需求。

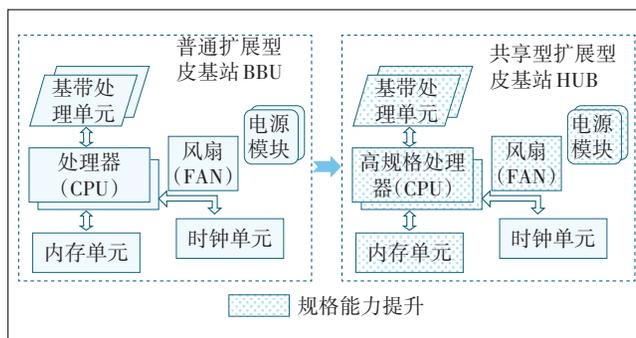


图7 共享有源室分BBU硬件变化升级示意

RHUB中的FPGA芯片、PoE供电模块规格能力也需要增强(见图8)。

a) FPGA需要替换为更高规格的芯片,以应对大带宽带来的更大、更高速的CPRI/eCPRI I/Q数据流。

b) RHUB上供电模块PoE的规格需要提升,以应对pRRU侧带宽增加导致的功耗抬升。

pRRU中的FPGA/SOC芯片能力需要增强,同时需要增加天线阵子和相关射频器件,如图9所示。

a) X86/ARM+FPGA架构内部的FPGA芯片规格

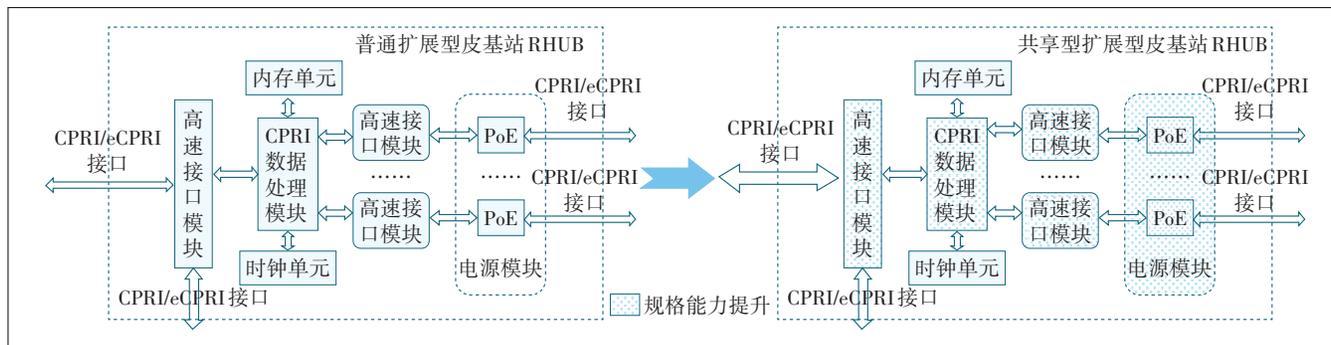


图8 共享有源室分RHUB硬件变化示意

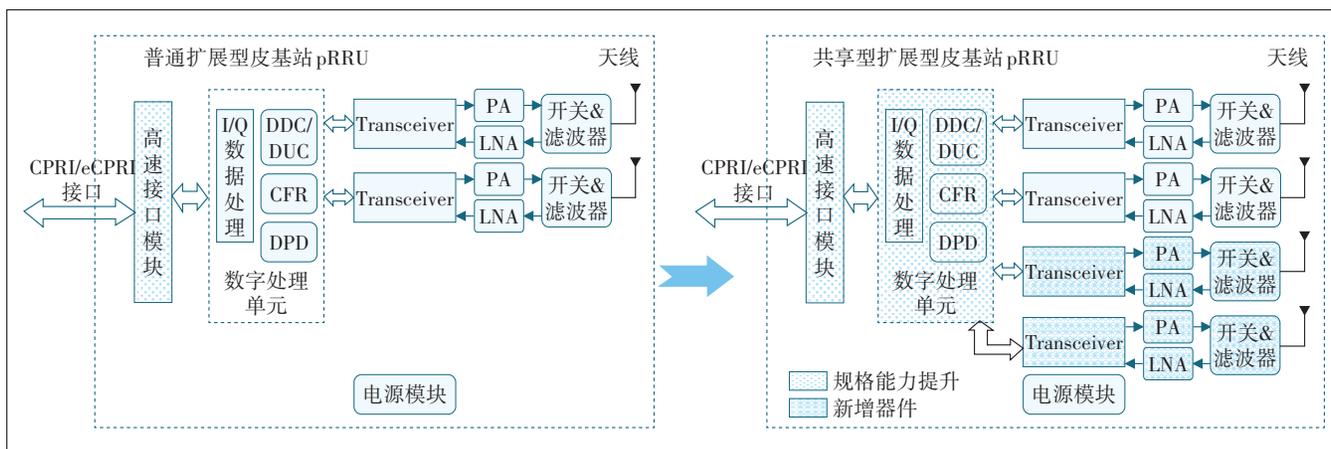


图9 共享有源室分pRRU硬件变化示意

能力需要提升,数字处理单元内部器件为支持大带宽、多制式,需要替换为高规格芯片;ARM+SOC架构内部的SOC芯片能力需要进行升级以适应大带宽、高速率的需求。

b) 支持频段从之前的2频到全部共享后的4频,其内部需要增加配套的天线阵子和射频器件,包括射频收发器、功放、合路器和滤波器等。

基于以上BBU、RHUB和pRRU的变化,将对产品的体积、功耗和成本产生如下影响。

a) BBU和RHUB的体积保持不变,仍分别是2U和1U,主要原因是其变化主要是芯片、器件规格能力的提升,对体积影响非常有限;pRRU的体积预计将增加50%左右,将由现有产品的2.4L左右增加到3.5L左右,主要原因是内部需要增加新的天线阵子和射频器件。图10是6家扩展型皮基站厂家调研情况。

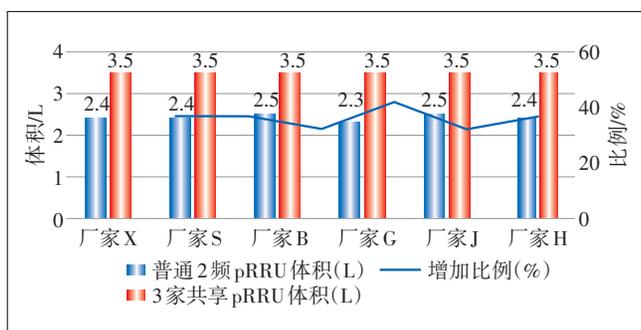


图10 共享有源室分pRRU体积评估情况

b) X86+FGPA架构的共享型扩展型皮基站的BBU功耗会提升20%~50%,由原有的200~300W增加到300~350W,ARM+FGPA和ARM+SOC架构的共享

型扩展型皮基站的BBU功耗会提升10%,由原有的150~200W增加到170~220W。RHUB的功耗提升10%左右,由原有的50~55W增加到55~60W。pRRU的功耗预计会提升30~50%,由现有40W左右提高到50~60W。图11是5家扩展型皮基站厂家调研情况。

基于以上评估分析,参考扩展型皮基站厂家反馈的各级设备价格占比(BBU:RHUB:pRRU为8:1:1.2),结合某运营商2022—2023年扩展型皮基站设备集采价格,当pRRU采购规模达到万级以上时,相较于普通2频扩展型皮基站,存在如下情况。

a) X86+FPGA架构,共享型扩展型皮基站的BBU成本提升100%,由15000~17000元增加到30000~34000元;RHUB的成本预计会提升20%左右,由1850~2100元增加到2250~2550元;pRRU的成本提升80%左右,由2250~2600元增加到4100~4700元,结合当前运营商常用的集采模型(BBU:RHUB:pRRU为1:4:32)测算,1套产品的总体价格预计在170200~194600元,较现有1套产品价格提高80%左右。

b) ARM+FPGA架构,共享型扩展型皮基站的BBU成本提升50%,由21200元增加到31800元;RHUB的成本预计会提升20%左右,由2600元增加到3100元;pRRU的成本提升80%左右,由3200元增加到5800元,结合运营商集采模型测算,1套产品的总体价格预计在229800元左右,较现有1套产品价格提高71%左右。

c) ARM+SOC架构,共享型扩展型皮基站的BBU成本提升50%,由17500元增加到26250元;RHUB的成本预计会提升20%左右,由2150元增加到2600元

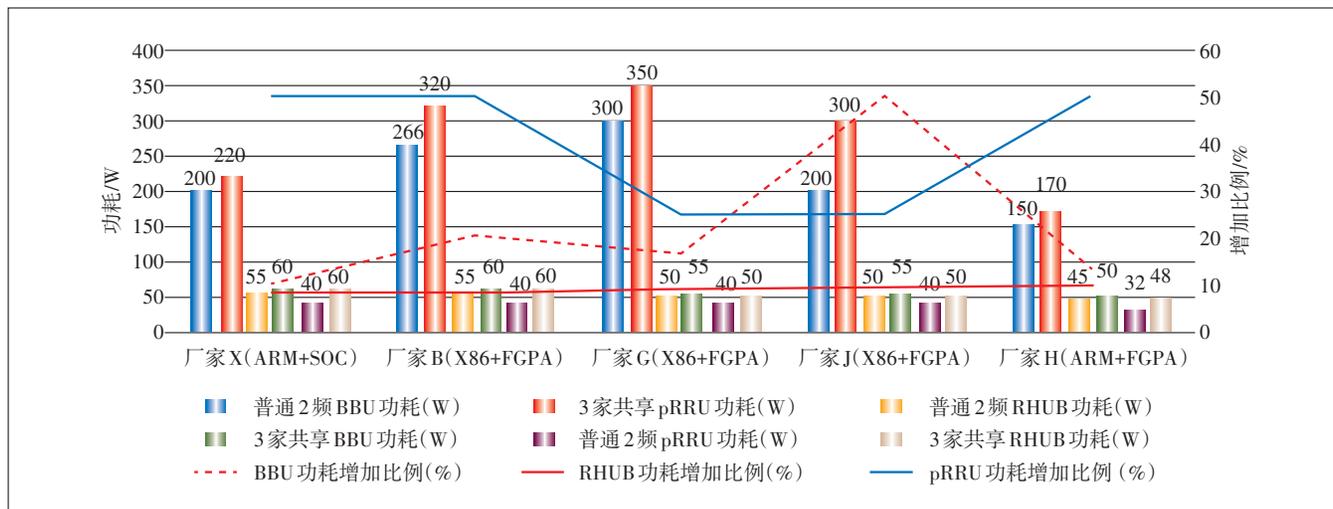


图11 共享有源室分各设备功耗变化情况

元;pRRU的成本提升80%左右,由2600元增加到4700元,结合运营商集采模型测算,1套产品的总体价格预计在187050元左右,较现有1套产品价格提高71%左右。

结合以上分析,得出如下结论。

a) 无论是哪种架构产品,共享型皮基站BBU和RHUB体积不变,pRRU体积控制在原来的1.5倍之内,但相较于单运营商独建,BBU、RHUB以及pRRU的个数减少,降低了站点协调难度。

b) X86+FPGA、ARM+FPGA/SOC架构的1套共享型皮基站,按照运营商采购模型测算,相较于单运营商独建,功耗分别节省35%~40%和35%。

c) X86+FPGA、ARM+FPGA/SOC架构的1套共享型皮基站,按照运营商采购模型测算,整套设备成本分别增加80%、71%左右,共享时若单运营商按行业惯例0.6的折扣系数计价,成本分摊后为单个运营商的1.08和1.03倍。

## 4 市场前景分析

前面章节已分析确认有源室分共享产品的实现和技术方面完全可行,并通过与多个设备商进行调研,详细对比分析了设定的有源室分共享产品的性价比,接下来从运营商接受度、设备商意愿、产业链影响等方面进行市场前景分析。

对运营商而言,有源室分完全共享可节省天线/头端点位、降低协调难度、降低设备功耗、节省电费开支,还能助力国家“双碳”战略,但也面临着无成本优势、网络控制权易被削弱、多家运营商在规划、建设、优化和维护时较难协调以及无法保证不同运营商网络的差异性等诸多问题。因此,经综合评估,在当前的背景下,运营商对有源室分共享产品将持谨慎态度,短期内不会在此方面有过多投入。

对专业小基站设备商而言,有源室分共享产品研发可提升其行业参与度、提高技术服务能力、推进ORAN标准进程,但也面临着需求量不确定、产品研发存在一定难度、共享后绝对出货量降低等问题,从与多个设备商的交流情况来看,大部分设备商对有源室分共享产品的前景持悲观态度。

对于产业链而言,国内产业链的发展失衡影响产品研发,大多数专业小基站设备商仍然使用英特尔X86方案,另外国际产业链的不稳定也将影响产品规模交付。

## 5 总结与展望

经综合评估分析,明确支持3家运营商共享的有源室分产品技术上完全可行,但市场层面困难重重,在现有阶段下推动有源室分产品的研发和应用将面临巨大风险和机遇。但通过分析研究,认为ARM+SOC架构将是扩展型皮基站产品未来发展的主要方向,相对于X86/ARM+FPGA架构,其成本、功耗和体积方面更具优势。虽然目前成熟度偏低,研发的厂家较少,前期研发成本会影响产品成本,但随着国产SOC芯片技术的不断进步,国内产业链的不断成熟,投入研发厂家的不断增多,其产品将更加成熟和更具优势。

### 参考文献:

- [1] 赛迪智库无线电管理研究所,《通信产业报》全媒体,等. 5G十大细分应用场景研究报告[J]. 通信产业报,2019(9):9.
- [2] 3GPP. System architecture for the 5G System (5GS): 3GPP TS 23.501 V17.5.0[S/OL]. [2023-02-16]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [3] 3GPP. NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification: 3GPP TS 38.331 V17.1.0[S/OL]. [2023-02-16]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [4] 3GPP. Non-Access-Stratum (NAS) functions related to Mobile Station (MS) in idle mode: 3GPP TS 23.122 V17.7.0[S/OL]. [2023-02-16]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [5] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2: 3GPP TS 36.300 V17.1.0[S/OL]. [2023-02-16]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [6] 3GPP. NR; NR and NG-RAN Overall description; Stage-2: 3GPP TS 38.300 V17.1.0[S/OL]. [2023-02-16]. <ftp://3gpp.org/specs/>.
- [7] 华为技术有限公司. 5G RAN多运营商共享特性参数描述[EB/OL]. [2023-03-08]. <https://support.huawei.com/hedex/hdx.do?docid=DOC1100894224>.
- [8] 缪子晖,黄泽波,贾晓光. 基于扩展型皮基站的5G和家宽融合解决方案研究[J]. 广东通信技术,2023,43(2):4.
- [9] 王文栋. 关于扩展型皮基站的应用与优势探讨[J]. 信息通信,2019(10):2.

### 作者简介:

侯彦庄,毕业于重庆邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G室分产品创新与研究、网络规划优化等工作;陈小奎,毕业于北京邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G室分天线和物联网的研究工作;吕正春,毕业于重庆邮电大学,工程师,硕士,主要从事5G室分产品创新与研究、网络优化等工作。