

基站架构及面向5G的演进研究

Research on Architecture and 5G-oriented Evolution of Base Station

吕婷, 曹亘, 李轶群, 李福昌(中国联通网络技术研究院, 北京 100048)

Lü Ting, Cao Gen, Li Yiqun, Li Fuchang(China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China)

摘要:

移动通信网络的发展驱动基站架构持续演进,介绍了基站架构及形态的发展历程并分析了基带单元与射频单元的硬件架构,探讨了基站架构的未来演进趋势,重点阐述了面向5G的基站新架构及面临的挑战。

关键词:

基站架构;基带单元;射频单元;5G;演进
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2017.08.010
中图分类号: TN929.5
文献标识码: A
文章编号: 1007-3043(2017)08-0046-05

Abstract:

The architecture of base station has been evolving continuously with the development of mobile communication network. It introduces the development history of architectures and forms for base station, and analyzes the hardware architectures of BBU and RRU. Then it discusses the future evolution trends of base station. Finally it focuses on the new architecture and challenges for 5G base station.

Keywords:

Architecture of base station; BBU; RRU; 5G; Evolution

引用格式: 吕婷, 曹亘, 李轶群, 等. 基站架构及面向5G的演进研究[J]. 邮电设计技术, 2017(8): 46-50.

0 前言

在无线业务宽带化、多样化发展的驱动下,移动通信网络经历了从2G、3G到4G的发展历程,网络的容量与性能持续提升。基站作为无线侧核心设备,其硬件架构也在随着网络技术的发展不断演进。

基站设备由基带单元与射频单元组成,基带单元提供基带协议处理及基站系统管理等功能,射频单元负责射频信号的收发处理。随着网络制式的演进,基站架构经历了从基带射频集中、基带射频分离到多模一体化这样一条演变路径。其中,基带单元从GSM时代的系统机柜化发展到系统机框化、板卡化再到多系统板卡化,集成度不断提高,基带单元所支持的载波

数、吞吐量、信令规格等基带处理能力也逐步增强。射频单元的演变体现为性能更优、体积更小、通道数更多,从早期GSM的窄带单密度、双密度系统发展到宽频系统,单模块可支持大带宽、多扇区、多制式,射频通道数也由1T2R、2T2R发展为4T4R,并向着Massive MIMO演进。

1 基站架构分析

1.1 基站形态的演变

随着基站架构的演变,基站设备形态也经历了机柜式宏基站、分布式基站、多模基站这几个发展阶段。

在GSM时代,基站的形态主要以机柜式宏基站为主,采用基带射频一体化架构,射频单元和基带单元共同放置在机柜内,射频馈线从机房拉到天面,其特点为集成度低、功耗高、施工复杂、部署灵活性差。

收稿日期: 2017-06-06

为了提高组网灵活度,降低工程复杂度,基于基带射频分离架构的分布式基站逐步成熟,基站设备分化为BBU与RRU,BBU放置在机房,RRU上塔,BBU和RRU之间通过光纤连接。基带射频分离使得机房占地面积减小,射频馈线损耗降低,提升了射频覆盖效率。

随着LTE的引入,运营商面临着多制式网络共存的情况,同一站址存在2G、3G、4G多种无线技术,为了避免重复投资、降低网络部署及维护成本,出现了多模基站,改变了一个制式一套基站设备的模式。多模基站采用多模BBU与多模RRU的分布式架构,多模BBU在同一套硬件平台上同时支持多种接入技术,支持多制式共机框或共板卡,多模RRU则可在连续的瞬时工作带宽内通过软件配置同时支持多制式,完成对多制式射频信号的收发处理。

1.2 基带单元的硬件架构

基带单元(BBU)负责集中控制与管理整个基站系统,完成上下行基带处理功能,并提供与射频单元、传输网络的物理接口,完成信息交互。按照逻辑功能的不同,BBU内部可划分为基带处理单元、主控单元、传输接口单元等,如图1所示。其中,主控单元主要实现基带单元的控制管理、信令处理、数据交换、系统时钟提供等功能;基带处理单元用于完成信号编码调制、资源调度、数据封装等基带协议处理,提供基带单元和射频单元间的接口;传输接口单元负责提供与核心网连接的传输接口。BBU采用机框结构,框内划分为多个槽位,每个槽位可插入一块板卡。板卡分为不同类型,分别用于实现BBU内各逻辑功能。上述各逻辑功能单元可分布在不同的物理板卡上,也可以集成在同一块板卡上。BBU的物理形态分为2类:基带主控集成式、基带主控分离式。对于基带主控集成式BBU,主控、传输、基带一体化设计,即基带处理单元与主控单元、传输接口单元集成在一块物理板卡上,该架构具有更高的可靠性、更低的低延、更高的资源共享及调度效率,同时功耗更低。对于基带主控分离式BBU,基带处理单元与主控单元分布在不同的板卡上,对应于基带板、主控板,分离式架构支持板卡间自由组合、便于基带灵活扩容。

BBU支持多制式共平台时,按照多制式资源共享模式的不同,可分为共机框、共主控板、共基带板3类。共机框情况下,不同制式的系统使用独立的基带板与主控板,混插在同一机框内,共享

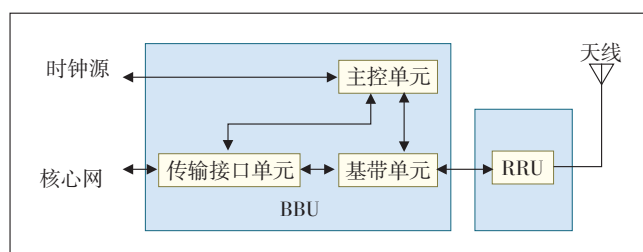


图1 基带单元的逻辑架构

电源、传输、同步等。共主控和共基带是在共机框的基础上,不同制式的系统共享相同的主控板、基带板。

1.3 射频单元的硬件架构

射频单元(RRU)通过基带射频接口与BBU通信,完成基带信号与射频信号的转换。RRU的硬件架构如图2所示,主要包括接口单元、下行信号处理单元、上行信号处理单元、功放单元、低噪放单元、双工器单元等,构成下行信号处理链路与上行信号处理链路。其中,接口单元提供与BBU之间的前传接口,接收和发送基带IQ信号,采用CPRI协议或OBSAI协议;下行信号处理单元完成信号上变频、数模转换、射频调制等信号处理功能;上行信号处理单元主要完成信号滤波、混频、模数转换、下变频等功能;功放及低噪放单元分别对下行及上行信号进行放大;双工器支持收发信号复用并对收发信号进行滤波。

对于多通道RRU,比如2T2R RRU,内部存在2条相同的信号处理链路,完成对2路信号的上下行信号处理及收发。对于多模RRU,要求接口单元、上下行信号处理单元可支持对多制式信号的处理,功放、双工器、低噪放等模拟器件要求支持更大的瞬时工作带宽。

2 面向5G的基站架构演进

2.1 未来演进趋势

未来的5G网络将面向多样化、差异化的业务场

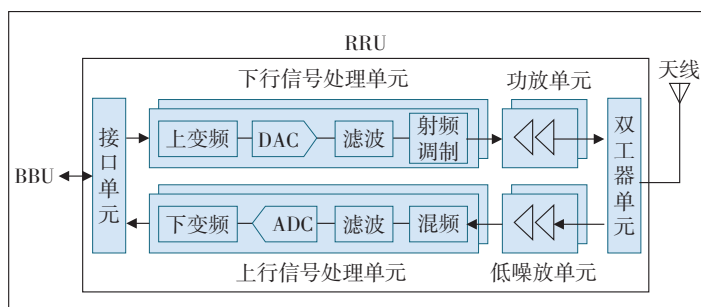


图2 射频单元的逻辑架构

景,需要满足超高速率、超低时延、超高流量与连接数密度等更高要求,推动基站硬件架构进一步演进。

首先,随着站点加密、站址获取越来越困难,基带集中化部署将会成为一种趋势。通过 BBU 集中部署可以促进资源共享、节省建网成本、缩短站址获取周期,另外还可开通各类协同特性以提升网络边缘效率,提升网络性能。

其次,基站硬件架构将重构。传统的基带功能将切分为底层处理单元与高层处理单元,前者负责处理多种接入技术,对实时性要求比较高;后者可基于基带集中化架构,根据业务需求灵活部署。通过对协议栈的灵活切分将基站功能分布在重构的网络节点上,构建灵活、可扩展的基站架构。

另外,基站架构还将朝着虚拟化的方向演进,比如,高层处理单元可基于通用硬件平台实现部署,并配合 SDN/NFV 实现网络功能的虚拟化,灵活、快速布网。

2.2 5G 基站的新架构

为了满足 5G 网络的需求,运营商和主设备厂商等提出多种无线网络架构。按照协议功能划分方式,3GPP 标准化组织提出了面向 5G 的无线接入网功能重构方案,引入 CU-DU 架构。如图 3 所示,DU 是分布式接入点,负责完成部分底层基带协议及射频处理功能;CU 是中央单元,负责处理高层协议功能并集中管理多个 DU,CU 与 DU 共同完成基站的基带及射频处理功能。CU 与 DU 是逻辑功能实体,在 5G 基站设备实现时,可能存在 CU、DU 可分布在 2 个不同的设备实体上,也可能集成在 1 个一体化设备上。

CU-DU 功能切分存在多种可能,目前 3GPP 讨论了 8 种候选方案,即 Option1~Option8,如图 4 所示,不同方案下 CU、DU 分别支持不同的协议功能,实现灵活的硬件架构。

Option1 是在 RRC 与 PDCP 之间切分,RRC 位于

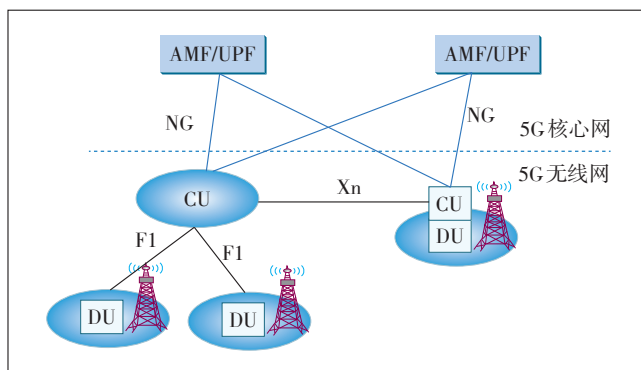


图3 5G基站的逻辑架构

CU,整个用户面位于DU。该方案只支持RRC/RRM集中,集中化程度低,因此池化收益小,且不支持多制式间的业务聚合。

Option2 是在 PDCP、RLC 之间切分,RRC/PDCP 位于CU,其他底层协议功能位于DU。该方案下CU支持多制式的接入与管理,并向核心网提供单一接口,由于移动性锚点位于CU,UE在CU内部移动时,业务不会中断。Option2 进一步分为 Option2-1、Option2-2 两个子方案,与 Option2-1 不同,Option2-2 支持控制面 RRC/PDCP 与用户面 PDCP 分布在 2 个不同的实体上,使用户面下沉,降低业务时延。

Option3 是在 RLC 内部切分,将 RLC 划分为 high RLC 和 low RLC。low RLC 位于DU,实现分段、串联功能,high RLC 位于CU,完成 ARQ、重排序等其他所有功能,传输网络发生的错误可通过端到端的 ARQ 机制恢复,为重要数据及信令提供保护,在非理想传输条件下具有更高的鲁棒性。

Option4 是在 RLC 和 MAC 之间切分,对传输时延要求很高,且未看到其他性能增益,后续基本不考虑该方案。

Option5 是 MAC 层内部切分方案,将 MAC 层划分

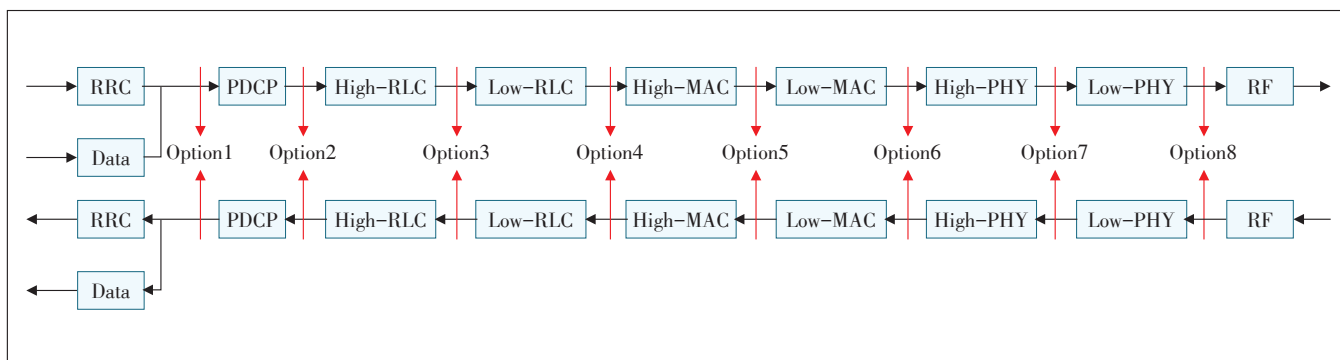


图4 CU-DU功能切分方案

为2个子层,low MAC位于DU,负责HARQ、调度等传统MAC功能以及集中化控制功能的测量;high MAC位于CU,负责多个low MAC的控制、集中化调度,支持多小区间的干扰协调及调度技术,获得协同增益。但high MAC属于新功能,会增加调度的复杂度,非理想传输条件下的时延也会影响调度性能。

Option6是MAC与PHY之间的切分方案,DU只负责PHY/RF功能,其他功能位于CU。该方案支持MAC及以上层的资源池化,协同增益大。但是,CU-DU间要求子帧级的定时交互,时延将影响HARQ和调度性能。

Option7是物理层内部切分方案,将物理层分为high PHY与low PHY,包括多个子方案。比如,Option7-1下low PHY只包含IFFT/FFT功能,其他物理层功能在high PHY完成,该方案可支持所有的协同特性以及高级接收机技术,但接口带宽要求高,与天线通道数相关。Option7-2下,low PHY除了完成IFFT/FFT功能外,还负责预编码/预滤波,这样可使接口带宽与天线通道数无关,降低带宽要求。Option7-3可进一步降低带宽要求,针对下行传输,high PHY只完成编码功能,low PHY完成其他所有物理层功能。

Option8类似传统的BBU-RRU切分方案,CU完成所有基带处理功能,DU完成射频处理功能。该方案支持基带功能完全集中,最大化协同增益,但前传接口的时延、带宽要求很高,实际部署时会限制网络拓扑及传输网络的选择。各类切分方案的对比总结为表1,从Option1到Option8,基带资源集中度依次递增,多小区协同性能相应增强,但同时对于传输带宽与时延的要求也逐步提高。总体上,可以将这8种切分方案归纳为两大类:Option1~3属于高层切分方案,Option5~8属于底层切分方案。

高层切分方案的基带资源集中度较低,不支持集中化调度、多小区干扰协调等协同特性,对于接口的传输带宽及时延要求相对宽松,支持在非理想传输条件下部署,传输网络的成本较低。在基站设备成本方面,DU需要具备L1及部分L2的基带处理功能,要求增加基带芯片、存储器等硬件,导致DU成本较高。

底层切分方案的基带资源集中度较高,支持多小区间的协同,从Option5到Option8,CU-DU功能切分点越来越靠近底层,支持的协同特性逐步增强。在传输需求方面,底层切分方案对接口带宽、时延要求都较高,适合在理想传输条件下部署,传输网的成本较高。在基站设备成本方面,与高层切分方案相比,DU

功能相对简化,对DU的基带处理能力要求降低,设备成本也较低。

CU-DU不同切分方案的应用场景,主要取决于传输网络、设备复杂度、业务场景等诸多因素。从传输网络方面分析,对于具备理想传输条件的场景,可以采用底层切分方案,以获得更大的基带资源集中度以及池化增益、提升网络性能;对于非理想传输场景,则采用高层切分方案,降低传输网络的改造要求。从设备复杂度方面分析,高层切分方案下CU主要完成非实时处理功能,可基于通用硬件平台集中化部署,并且支持虚拟化;而在底层切分方案下,CU还要完成部分L1或L2实时处理功能,还需要使用专用硬件实现。另外,5G网络将面向多样化、差异化的业务场景,对于时延、可靠性要求较高的业务,可以选用底层切分方案,因为该类方案要求的传输时延低、带宽大,同时支持各类协同特性,可提高网络传输的可靠性;而对于时延不敏感、连接数要求较高的业务,则可采用高层切分方案,CU与DU间支持较大的拉远距离,从而提供较大的网络覆盖范围。

表1给出了CU-DU功能切分方案对比。

表1 CU-DU功能切分方案对比

切分方案	资源集中度	协同性能	传输带宽要求	传输时延要求
Option1	RRC	不支持	低	宽松
Option2	RRC + L2(部分)			
Option3				
Option5		集中化调度		较严
Option6	RRC + L2	集中化调度、多小区干扰协调		严格
Option7	RRC + L2 + PHY (部分)	集中化调度、多小区干扰协调、上行高级接收机	中	
Option8	RRC + L2 + PHY	集中化调度、多小区干扰协调、上行高级接收机	高	

2.3 问题及挑战

CU-DU功能切分方案目前还处于3GPP标准讨论阶段,未来5G基站将采用哪种架构尚无定论,还有诸多问题有待研究和探讨,面向5G的基站架构演进还面临着诸多挑战。

在部署成本方面,5G基站若采用CU-DU分布式架构,CU功能越简单,DU功能越复杂、成本越高。由于DU是分布式接入点,在网络中部署的数量远大于CU,因此DU成本的增加将导致网络整体部署成本的上升。

在可扩展性方面,与现有的RRU相比,DU除了具备射频处理功能外,还需要完成部分底层基带处理功能,当后续协议演进或软件功能升级时,不仅需要到CU进行升级,还需要对大量DU进行软件升级或硬件更换,升级维护难度增加,网络的后向演进成本较高。

在传输要求方面,底层切分方案对于带宽的需求是巨大的。比如,Option8的接口带宽与天线通道数相关,在部署Massive MIMO的情况下,每小区的传输带宽需求将达到百Gbit/s的量级。同时,底层切分方案下CU与DU间的传输时延要求在几百 μ s以内。现有传输网络无法满足如此高的带宽与时延要求,传输网面临着扩容改造的压力。

另外,在部署方式上,CU与DU为无线侧逻辑功能节点,可以映射到不同的物理设备上,也可以映射为同一物理实体。在与现网LTE设备融合部署时,如何保护现有网络投资、最大化利用旧有设备及站址资源是需要重点关注的问题。

3 结束语

移动通信网络的发展驱动基站硬件架构朝着宽带化、多模化、集成化的方向不断演进,5G网络多样化的业务场景与极致的性能需求又驱动基站架构进一步重构,向着协同共享、弹性灵活、绿色高效的目标继续演进。

未来面向5G的基站架构将传统的基带功能进行灵活切分并分布到重构的网络节点上,支持基带资源池化以及灵活的硬件架构,适配不同的业务场景及传输条件。通过将高层基带处理功能与底层基带处理功能解耦,引入通用硬件平台,配合软件功能虚拟化,构建按需定制、弹性、低成本的网络,最终实现面向云基站的演进。

参考文献:

- [1] 吕婷,孙雷,曹亘,等.多模基站的原理及应用研究[J].移动通信,2015,39(3):127-132.

- [2] 徐峰,严学强.移动网络扁平化架构探讨[J].电信科学,2010,26(7):43-49.
- [3] Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces (Release 14): 3GPP TR 38.801 [S/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [4] Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies: 3GPP TR 38.913 [S/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [5] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC) Protocol specification: 3GPP TR 36.331 [S/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [6] Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies: 3GPP TR 38.913 [S/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org/Specs/>.
- [7] 3GPP RP-152257 Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies[R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [8] 3GPP RP-161266. 5G architecture options-full set [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [9] 3GPP R3-163110 New RAN architecture [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [10] 3GPP R3-162991 Analysis of Option 3 [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [11] 3GPP R3-163214 CU-DU split option selection and interface specification [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [12] 3GPP R3-162847 Further Considerations on Split Option 3 [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [13] 3GPP R3-162854 RAN functional split considerations and preferences [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [14] 3GPP R3-161824 Selection of Split options between Central-Unit and Distributed-Unit [R/OL]. [2017-03-25]. <ftp://3gpp.org>.
- [15] CPRI Common Public Radio Interface (CPRI); Interface Specification V4.2 [S/OL]. [2017-03-25]. <https://wenku.baidu.com/view/4e37dbc60c22590102029d38.html>.
- [16] 吴坤. 5G移动通信网络基于能效的资源管理[D]. 成都: 电子科技大学, 2016.

作者简介:

吕婷, 工程师, 硕士, 主要从事无线新技术研究工作; 曹亘, 工程师, 博士, 主要从事无线新技术、标准研究工作; 李轶群, 高级工程师, 博士, 主要从事移动通信新技术研究工作; 李福昌, 高级工程师, 博士, 主要从事移动通信新技术研究工作。

广告索引

封一 华为技术有限公司

封二 绿盟科技

封三 中讯邮电咨询设计院有限公司

封四 双登集团股份有限公司

前插1 罗德与施瓦茨中国有限公司

前插2 中国无线技术与应用大会

前插3 2017中国国际信息通信展览会

前插4 中国联通网络技术研究院

前插5 2017中国联通论坛

目录广告1 上海良信电器股份有限公司

目录广告2 厦门科华恒盛股份有限公司