

5G网络架构分析

张传福¹ 张雁鸣²

1.北京中网华通设计咨询有限公司

2.中国联合网络通信有限公司黑龙江省分公司

摘要 首先分析5G网络的架构需求,其需要对现有的网络进行重构,然后多维度分析5G无线网络架构,提出3GPP对CU-DU进行切分的不同方案,并对不同方案适用的场景进行分析。

关键词 5G 网络架构 CU-DU 适用场景

1 引言

2017年3月,3GPP RAN的74次全会通过5G New Radio (NR),即5G新空口技术标准化时间表,如图1所示。2017年12月,3GPP完成Non-Standalone (NSA) Option 3 (包含支持低时延)架构的标准制定工作;2018年3月完成NSA Option 3架构ASN.1标准冻结;2018年6月完成其余NSA和Standalone (SA)架构标准制定。

2 5G网络架构需求

5G发展的推动力是移动互联网和物联网。5G有三大类应用场景:增强移动带宽(eMBB)、超高可靠低时延通信(URLLC)、海量机器类通信(mMTC)。5G将解决多样化应用场景下差异化性能指标带来的挑战,需要有相应的网络架构。

现有的传统网络是刚性固化的,主要关注网络的底层传送能力,业务很难灵活地调用网络能力;更加关注接入网及核心网,是复杂度非常高的“烟囱”架构。

5G是一个端到端的生态通信系统,将实现一个全连接和全移动的社会。需要网络对上层应用和业务开放,实现网络的软硬件分离。因此需要对无线网络进行重构,进一步拓展增强“弹性”以支持5G网络特征和关键技术。

(1)由于5G网络工作频段高,覆盖范围小,因此5G网络蜂窝将进一步分裂。为避免频繁切换,影响用户感知,需要淡化传统蜂窝小区边界,让网络更好地服务于用户和业务。

(2)引入大规模天线和超密集组网等技术将导致网络接入、传输的压力骤增,现有的BBU+RRU分布式架构无法满足超密集组网的多小区协作和干扰控制要求。

(3)5G垂直应用场景多样化,需求各异,需要能够灵活地按需分配无线资源,尽可能在不同层面上使无线资源与具体业务解耦。同时需要将硬件和软件分离,进一步提高处理能力和资源使用效率,实现无线网络快速切片响应的能力。

(4)4G和5G网络将长期共存。以物联网应用为主的网络,设备平台种类繁多,网络管理维护难度大,网络扩容升级复杂度高。采用网络重构,可使多种类型的网络管理统一高效、网络扩容升级更加平滑,同时降低运营商的建设和运营成本。

网络重构可使网络运营从分散型走向集约型,满足网络能力接口开放及标准化的要求,实现向业务、IT和网络云化转变,以数据中心(Data Center, DC)为网络核心集中部署,实现用户对网络的定制化要求,通过网络软件与硬件的分离、引入IT设备等多种手段实现由简单的售卖转向创新驱动发展的目的。

网络向面向新型互联网应用的网络架构演进,由垂直架构向水平架构演进,要求网络结构简洁、具有敏捷性,具备软件编程、资源分钟级快速配置扩展的能力;同时具有开放性、高集约性,可以统一部署,全部业务平台实现云化,业务可以全网统一调度,可以满足配置和端到端的运营。

3 5G无线网络架构

3.1 5G网络参考架构

5G核心网与接入网参考架构如图2所示。5G核心网支持LTE演进基站(eLTE eNodeB)和5G基站(gNodeB)接入。5G核心网和无线接入网间的接口需要支持控制面和用户面功能。eLTE eNodeB与gNodeB间支持Xn接口,该接口也支持

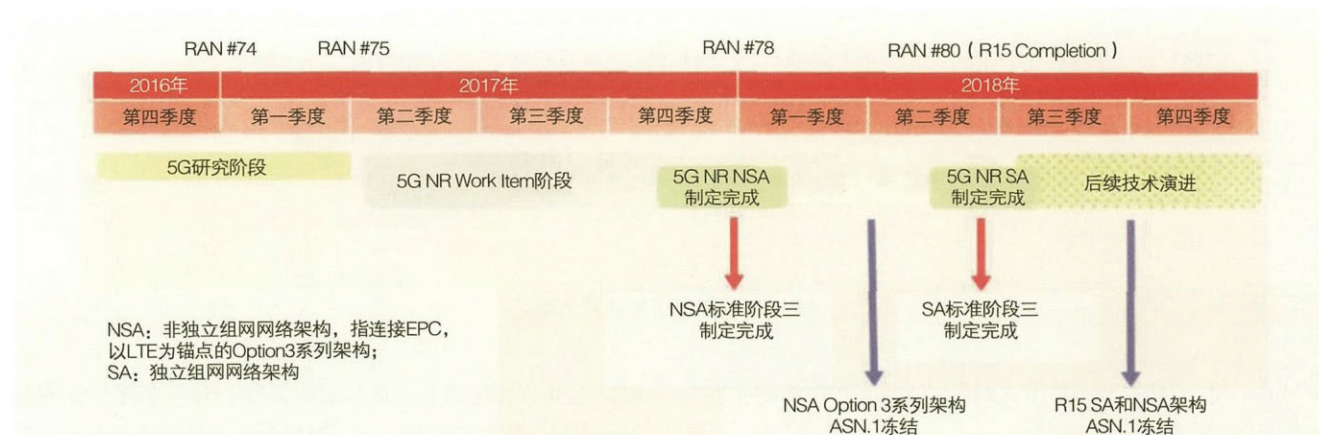


图1 3GPP RAN R15标准化时间表

控制面和用户面相关功能。

为了满足5G网络的需求, 3GPP提出面向5G无线接入网的功能重构方案, 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, 基站的基带及射频处理功能由CU与DU共同完成。CU与DU都是逻辑功能实体, 在实现5G基站设备时, CU、DU可分布在两个不同的设备实体上, 通过F1接口通信, 也可集成在一个一体化设备上。

3.2 CU-DU功能的划分

无线网络协议由物理层、第二层 (包括MAC、RLC、PDCP等子层) 以及第三层构成。有多种CU-DU功能划分方案, 目前3GPP讨论了8种 (Option1~Option8) 候选方案, 如图4所示。不同方案的CU、DU划分支持不同的协议功能, 实现灵活的硬件架构。

Option1在RRC与PDCP间切分, RRC位于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, 不支持多制式间的业务聚合。

Option2在PDCP、RLC间切分, RRC/PDCP位于CU, 其他底层协议功能位于DU。该方案的CU支持多制式接入与管理, 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又分为Option2-1、Option2-2两个子方案。

Option3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。通过端到端的ARQ机制可恢复传输网络发生的错误, 保护重要数据及信令, 在非理想传输条件下具有更高的健壮性。

Option4在RLC和MAC间切分, 对传输时延要求很高,

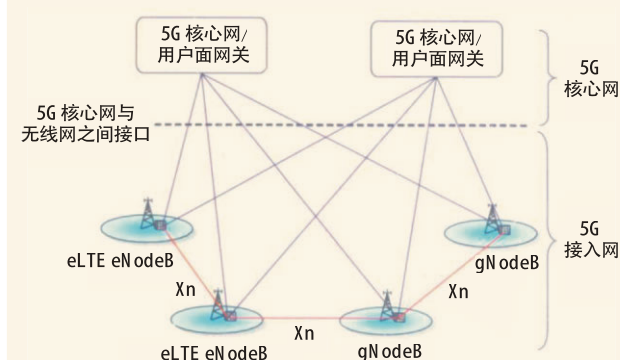


图2 5G无线接入网架构及参考接口

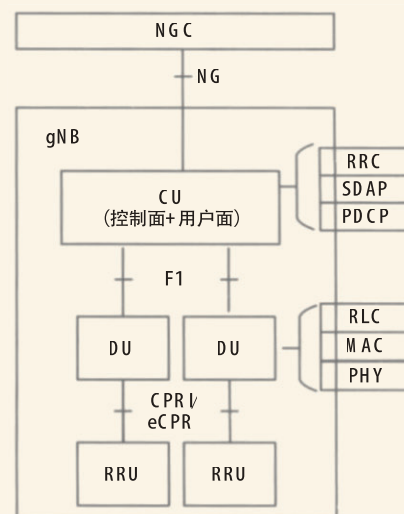


图3 接入网CU-DU逻辑架构

其他性能增益很小, 后续基本不考虑该方案。

Option5在MAC层内部切分, 将MAC层划分为两个子层, 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

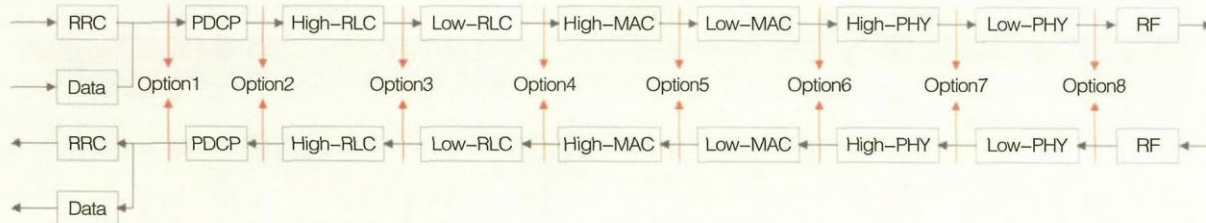


图4 CU-DU功能切分方案

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。

Option6在MAC与PHY间切分,DU只负责PHY/RF功能,其他功能位于CU。

Option7在物理层内部切分,将物理层分为High PHY与Low PHY,包括Option7-1~Option7-3。

Option8类似传统的BBU-RRU切分,CU完成所有基带处理功能,DU完成射频处理功能。

3.3 不同划分方案适用的场景

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,但对于传输带宽与时延的要求逐步提高。总体上,可以将这8种切分方案归纳为两大类:Option1~Option3属于高层切分方案,Option5~Option8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。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。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。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。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、业务场景等多种因素。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

源集中度及池化增益,提升网络性能;对于非理想传输场景,可以采用高层切分方案,降低传输网络的改造要求。高层切分方案的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;底层切分方案的CU还要完成部分L1或L2实时处理功能,需要使用专用硬件实现。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;对于时延不敏感、连接数要求较高的业务,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。

4 结束语

5G需要新的网络架构来适应5G业务的多样性。3GPP制定的5G标准考虑了各种方案,运营商在部署5G网络中需要根据传输网络、设备复杂度、业务场景等因素进行选择。

参考文献

- [1] 曹豆,李佳俊,李轶群,等.5G网络架构的标准研究进展[J].移动通信,2017(2)
- [2] 李聪.5G网络架构的重构与挑战[J].移动通信,2018(1)
- [3] 曹豆,吕婷,李轶群,等.3GPP 5G无线网络架构标准化进展[J].移动通信,2018(1)
- [4] 刘东升.5G无线网络虚拟化演进研究[J].移动通信,2017(18)
- [5] 闫渊,陈卓.5G中CU-DU架构、设备实现及应用探讨[J].移动通信,2018(1)
- [6] 吕婷,曹豆,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)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至tm@bjxinhong.com.cn。