

MR-DC 双连接技术探讨

Discussion on MR-DC Double Connection Technology

陈嘉明(中国移动通信集团广东有限公司江门分公司,广东 江门 529000)

Chen Jiaming(China Mobile Communications Group Guangdong Co.,Ltd.,Jiangmen Branch,Jiangmen 529000,China)

摘要:

为使5G系统快速体现应用价值,新无线技术(NR)的初始组件需要同时满足紧急市场需求(通过LTE无线网的协助)和5G的长期需求。在这种情况下,LTE-NR紧密互通是最重要的技术之一。为应对5G的建设应用需求,从5G架构的提出、双连接概述及EN-DC与LTE的差异性对比等方面开展双连接技术探讨。

关键词:

MR-DC;E-UTRA-NR双连接;双连接;NSA
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.12.009
文章编号:1007-3043(2020)12-0033-06
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:

For 5G systems to start delivering value immediately, initial components of the New Radio (NR) technology need to satisfy both urgent market needs assisted by LTE radio and the longer-term requirements of 5G. In this context, LTE-NR tight-interworking is one of the most important technology components. In order to meet the needs of 5G construction and application, it discusses the dual-connection technology from the following aspects: the proposal of 5G architecture, the overview of dual-connection and the difference comparison between EN-DC and LTE.

Keywords:

MR-DC;EN-DC;Double connect;NSA

引用格式:陈嘉明. MR-DC双连接技术探讨[J]. 邮电设计技术,2020(12):33-38.

1 概述

双连接是3GPP R12引入的重要技术。通过双连接技术,LTE宏站可以利用现有的非理想回传X2接口来实现载波聚合,从而为用户提供更高的速率,以及利用宏/微组网提高频谱效率和负荷均衡。

3GPP R14在LTE双连接技术基础上,定义了LTE和5G的多无线双连接技术(MR-DC——Multi-Radio Dual Connectivity)。MR-DC是E-UTRA双连接的一种概括,它指1个含多个收发器的终端可配置为利用2个不同节点提供的资源,2个节点通过非理想回传连

接,一个提供NR访问,另一个提供E-UTRA或NR访问。一个节点充当主节点(MN——Master node),另一个节点充当辅节点(SN——Secondary node)。MN和SN通过网络接口连接,并且至少MN连接到核心网。

MR-DC是运营商实现LTE和5G融合组网、灵活部署场景的关键技术。在5G建设早期可以基于现有的LTE核心网实现快速部署,后期可以通过LTE和5G的联合组网来实现全面的网络覆盖,提高整个网络系统的无线资源利用率、降低系统切换时延以及提高用户感知和系统性能。

2 5G架构选项基础概念

2.1 8类5G架构的提出

收稿日期:2020-10-16

5G网络的部署是一个渐进的过程。早期可以在现有LTE网络的基础上部署5G热点,将5G无线系统连接到现有的LTE核心网中,以实现5G系统的快速部署和方案验证。5G核心网建成后,5G系统就可以实现独立组网,这种情况下虽然5G可以提供更高速的数据业务和更高的业务质量,但是在某些覆盖不足的地方,仍然可以借助LTE系统来提供更好的覆盖。

3GPP TSG-RAN 的第72次全体大会中,RP-161266给出了12种5G系统整体架构,涉及8类选项(Option),这些架构选项是从核心侧和无线侧相结合的角度进行考虑的,部署场景涵盖了5G商用网络可能存在的部署需求。在《下一代系统体系结构研究》(3GPP TR 23.799)中也提到了7类选项。综上,Option 1/Option 2/Option 5/Option 6为SA架构(LTE与5G NR独立部署架构),Option 3/Option 4/Option 7/Option 8为NSA架构(LTE与NR双连接部署架构),如图1所示。

从连接结构上分析,Option 1是现有的4G网络架构,LTE eNodeB连接到EPC。Option 6为仅gNB连接到EPC的架构,不符合5G网络演进趋势,Option 8/Option 8a为非独立部署架构,但其连接结构以gNB为控

制面锚点,也不符合5G网络演进方向,以上2类Option均不具有实际部署价值,标准中不予考虑。Option 2/Option 3/Option 4/Option 5/Option 7是3GPP标准以及业界重点关注的5G候选组网部署方式,且其中Option 2为5G演进的最终形态,Option 5为过渡方案,可能存在小分割接到5G核心网的LTE基站,Option 3/Option 4/Option 7为3GPP TR 38.801协议中重点介绍的LTE与NR双连接的网络部署架构选项。

2.2 多无线技术双连接的引入

3GPP在R15中为新的无线电系统制定了规范,为满足部署和演进路径的不同要求,引入了不同的架构选项。E-UTRA-NR双连接(EN-DC),即4G-5G双连接,也称Option 3,是由LTE辅助的非独立版本NR。通过LTE控制面的功能复用,该版本NR的推出能支持NR在规格和产品中的快速引入。在EN-DC之后,3GPP引入了独立的NR,也称为Option 2,它也是R15的一部分。EN-DC和独立NR的主要区别在于后者支持到5G核心网的初始接入。此外,还将在R15中引入连接到5GC的LTE和NR-E-UTRA双连接。

EN-DC不一定是暂时的解决方案,可能会持续一

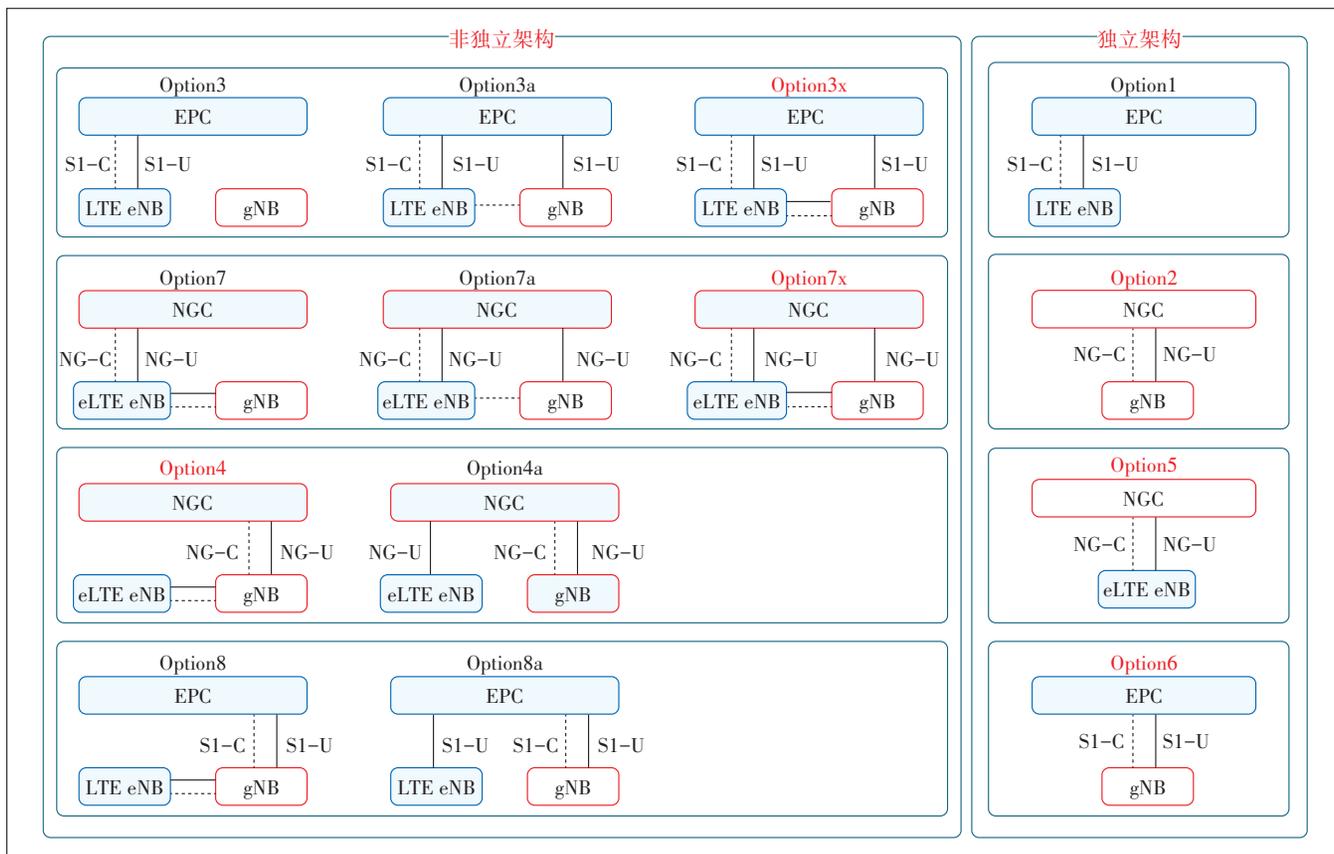


图1 8类5G架构选项模型

段时间。例如,在某些部署中,将低频和高频结合起来是很有用的解决方案。

3 MR-DC 多无线技术双连接概述

3.1 MR-DC 分类

MR-DC 可根据核心网接入的类型和主节点的不同分成以下几类,归纳如表 1 所示。

表 1 3GPP 定义的 3 种 LTE-NR 双连接结构

选项	MR-DC 类别	核心网	MeNB	SeNB	分流网元
3	EN-DC	EPC	LTE eNB	gNB	LTE eNB
3a					核心网
3x					gNB
4	NE-DC	5GC	gNB	eLTE eNB	gNB
4a					核心网
7	NGEN-DC	5GC	eLTE eNB	gNB	eLTE eNB
7a					核心网
7x					gNB

a) E-UTRA-NR 双连接。E-UTRA 通过 E-UTRA-NR 双连接(EN-DC)来支持 MR-DC,其中 UE 连接到一个充当 MN 的 eNodeB 和一个充当 SN 的 en-gNB。eNodeB 通过 S1 接口连接到 EPC,通过 X2 接口连接到 en-gNB。

b) NG-RAN E-UTRA-NR 双连接。NG-RAN 支持 NG-RAN E-UTRA-NR 双连接(NGEN-DC),其中 UE 连接到一个充当 MN 的 ng-eNB 和一个充当 SN 的 gNB。ng-eNB 连接到 5GC,gNB 通过 Xn 接口连接到 ng-eNB。

c) NR-E-UTRA 双连接。NG-RAN 支持 NR-E-UTRA 双连接(NE-DC),其中 UE 连接到一个充当 MN 的 gNB 和一个充当 SN 的 ng-eNB。gNB 连接到 5GC,ng-eNB 通过 Xn 接口连接到 gNB。

d) NR-NR 双连接。NG-RAN 支持 NR-NR 双连接(NR-DC),其中 UE 连接到一个充当 MN 的 gNB 和一个充当 SN 的 gNB。主 gNB 通过 NG 接口连接到 5GC,通过 Xn 接口连接到辅 gNB。辅 gNB 也可通过 NG-U 接口连接到 5GC。

由于 LTE 和 NR 的底层技术组件和功能不同,在完成 3GPP R15 中的第 1 个 NR 版本之前,需要解决许多挑战,而第 1 个要标准化的解决方案是 EN-DC。

在 EN-DC 中,主节点是 LTE,辅节点是 NR。此处的节点仅指基站。2 个节点在承载用户数据的用户面上与现有的 EPC 有直接接口,但在控制面上,只有主

节点具有与 EPC 的直接接口,用以承载移动设备与核心网之间的信令信息。因此,LTE 节点负责维护连接状态转换,处理连接设置/释放,并启动第 1 次辅节点的添加,即 EN-DC 设置。

EN-DC 的 Option 3 系列架构如图 2 所示。

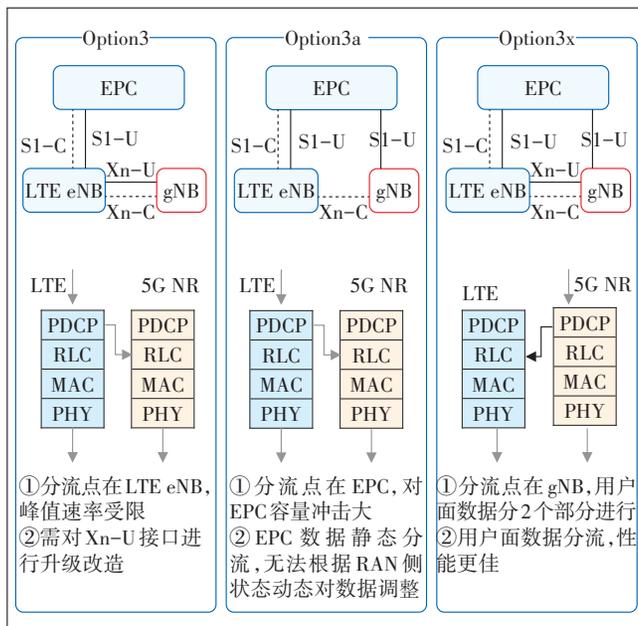


图 2 Option 3/Option 3a/Option 3x 架构

3.2 控制面

在 MR-DC 中,UE 有一个基于主节点 MN RRC 的单一 RRC 状态和单一与核心网连接的控制面。

相比于 LTE,MR-DC 的控制面新增的承载有分离式无线承载(Split SRB)、SRB3。一个 UE 可以同时配置 Split SRB 和 SRB3。Split SRB 和 SRB3 的辅小区组(SCG——Secondary Cell Group)分支可以独立配置。

Split SRB 允许通过 LTE 和 NR(LTE 或 NR)发送 RRC 消息。Split SRB 的主要优点是增加了额外的健壮性,将 RRC 的 RLC 承载建立在 MN 侧和 SN 侧。在所有 MR-DC 下,SRB1 和 SRB2 都支持 Split SRB(SRB0 和 SRB3 不支持 Split SRB),并使用 NR PDCP 对 Split SRB 上的 RRC PDU 进行加密和完整性保护。Split SRB 可以由 SN 添加和(或)修改流程中的 MN 配置,SN 配置部分由 SN 提供。在 Split SRB 中,下行链路的选择取决于网络的实现。对于上行链路,UE 是通过 MN RRC 来配置的,即是否使用主小区组(MCG——Master Cell Group)路径、SCG 路径或在 MCG 和 SCG 上复制传输。

SRB3 在 EN-DC、NGEN-DC、NR-DC 中支持,是 SN 和 UE 之间的直接 SRB,主要用于直传 SN 侧和 UE

的RRC信息。

SN决定是否建立SRB3,使用SN RRC消息提供SRB3配置。SRB3的建立和释放可以在SN添加流程和SN变更流程中完成。可以在SN修改流程中进行SRB3重配。SRB3可以用来发送不涉及MN的SN RRC重配、SN RRC重配完成、SN测量报告消息。SN RRC重配完成的消息被映射到与启动该过程的消息相同的SRB。如果配置了SRB3,SN测量报告消息被映射到SRB3。

SRB3比所有DRBs都具有更高的调度优先级。Split SRB和SRB3的默认调度优先级是相同的,Split SRB与SRB3的作用示意图如图3所示。

3.3 用户面

在MR-DC中,从UE的角度来看,存在3种承载类型:MCG承载、SCG承载和Split承载。

在带有5GC的MR-DC中,NR PDCP始终用于所有承载类型。在NGEN-DC中,E-UTRA的RLC/MAC用于MN,NR的RLC/MAC用于SN。在NE-DC中,NR的RLC/MAC用于MN,E-UTRA的RLC/MAC用于SN。在NR-DC中,NR的RLC/MAC都用于MN和SN。

从网络的角度来看,每个承载(MCG,SCG和Split承载)可以在MN或SN上终止,网络与用户角度的承载类型示意图如图4所示。

MR-DC由于存在MN和SN,因此不同的站点提供的资源(RLC通道)由不同的名称区分。承载类型主要在SN添加时,由MN传递给SN决定添加哪些承载

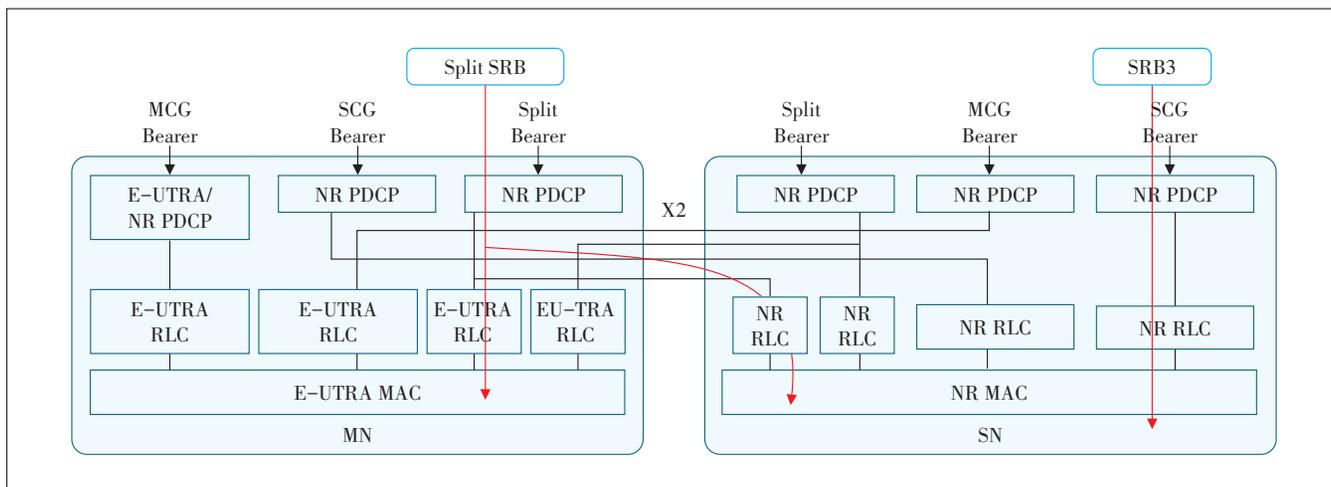


图3 Split SRB与SRB3的作用示意图

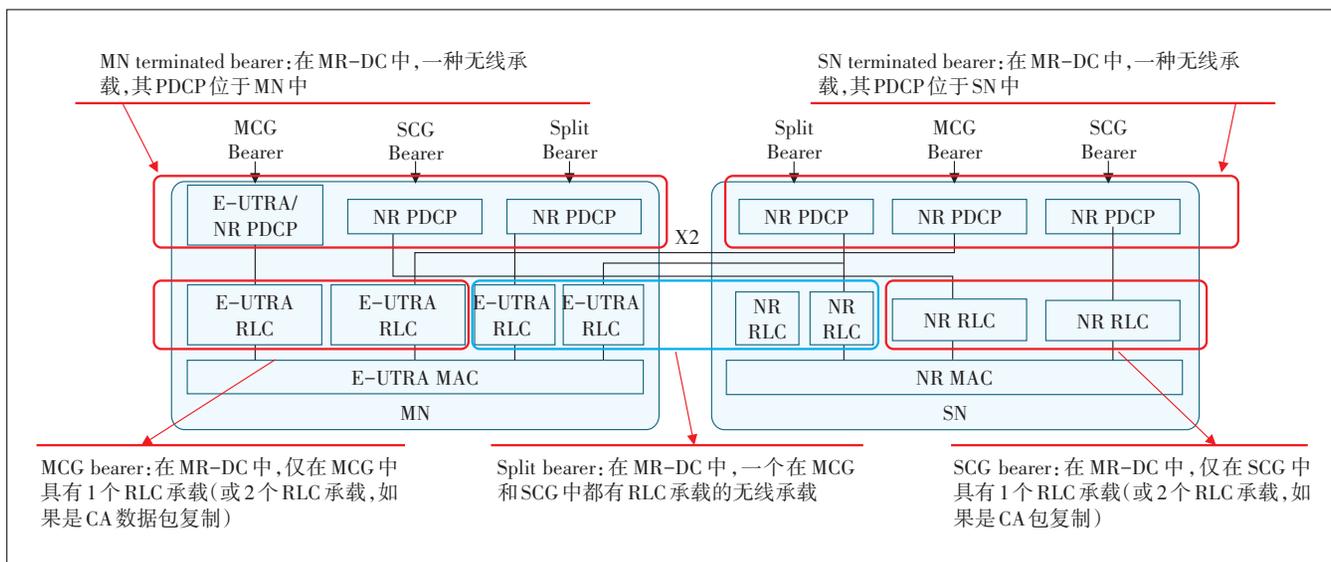


图4 网络与用户角度的承载类型示意图

类型。

对于 EN-DC, 网络可以配置 E-UTRA PDCP 或 NR PDCP 用于 MN 终止 MCG 承载, 而 NR PDCP 始终用于所有其他承载。

Option 3 的 Split Bearer 可以称为主节点终止分离承载 (MN terminated Split Bearer), Option 3x 的 Split Bearer 可以称为辅节点终止分离承载 (SN terminated Split Bearer)。

更宽泛的, PDCP 实体在 MN 的 DRB 都可以称为主节点终止承载 (MN terminated Bearer), PDCP 实体在 SN 的 DRB 都可以称为辅节点终止承载 (SN terminated Bearer)。PDCP 实体的位置, 既定义了空口的终止位置, 也限定了 S1-U 的终止位置。

4 EN-DC 与 LTE 的差异性对比

4.1 EN-DC 与 LTE DC 的特征对比

LTE 系统中, 常用的多连接方式包括载波聚合、协同多点传输以及双连接等。LTE 双连接下数据流在 PDCP 层分离和合并, 随后将用户数据流通过多个基站同时传送给用户, 而载波聚合下数据流在 MAC 层分离和合并。LTE 双连接是发生在不同站点之间的聚合, 两者间通过 X2 接口相连, 载波聚合一般为同基站下。

在 EN-DC 中, UE 在辅节点上有第 2 个无线资源控制终结点, 而 LTE DC 中只有一个 RRC 终结点, 在主节点上。LTE 和 NR RRC 终结点的分离使辅节点能够根据网络配置, 即启动辅节点更改/释放/修改, 触发内部 NR 移动性。而在 LTE DC 中, 只有主节点能够做到这一点, 其特征对比如表 2 所示。

4.2 EN-DC 的协议栈差异

上层用户 (RRC/用户数据) 对服务器是有期望的, 都希望能快速、无误、按序、安全地传输。为满足上层需求, 3GPP 在物理层 (L1) 上引入链路层 (L2), 包括分组数据汇聚协议 (PDCP)、无线链路控制层 (RLC) 和 MAC 3 个子层, 分别实现不同的功能, 向上层提供可靠传输的服务。

EN-DC 的协议栈跟 LTE 相比, MN 侧最主要是增加了 NR PDCP; SN 侧则主要为 NR PDCP、NR RLC、NR MAC; UE 侧则由原来的单协议栈升级为双协议栈。

除此之外, NGEN-DC, NE-DC 的协议栈, 跟 EN-DC 相比, 最主要是减少了 E-UTRA PDCP、RLC、MAC, 增加了业务数据适应协议 (SDAP——Service Data Ad-

表 2 EN-DC 与 LTE DC 特征比较

特征	LTE 双连接 (LTE DC)	E-UTRA-NR 双连接 (EN-DC)
RRC 终止	仅在主节点	可在主节点和辅节点上终止
控制面终止朝向核心网	仅在主节点	仅在主节点
支持的 DRBs	MCG, MCG split, SCG	Direct, Split
支持的 SRBs	MCG SRB	MCG SRB (可选包括 NR RRC) SCG SRB (仅包括 NR RRC)
分组复制/路径切换用于分离式 DRBs/SRBs	MCG 分离式 DRBs 的唯一路径切换	支持对分离式 DRBs 和分离式 SRBs 的路径切换以及分组复制功能 (至少在下行链路中)
移动性	主节点的控制移动性 (主节点和/或辅节点)	主节点控制 LTE 中的移动性, 而主节点或辅节点可以控制 NR 中的移动性 (取决于网络配置)

注: 数据包复制是指通过 MCG 和 SCG 较低层发送相同的数据包。路径切换是指使用 MCG 或 SCG 较低层来发送与 Split DRB 或 Split SRB 相关联的数据包。

aptation Protocol)。5G 核心网支持基于 IP 流而不是 EPS 承载的 QoS 控制, 从而实现更灵活和更精细的 QoS 控制。在 PDCP 层之上引入 SDAP 层, SDAP 层执行 IP 流和无线承载之间的映射。在 SDAP 层, 封装 IP 包时, IP 头包含这些数据包的 QoS 标识符。

4.3 E-UTRA 与 NR 二层功能对比

二层功能主要实现安全 (加密、完整性)、无误 (HARQ、AMR)、按序 (重排)。E-UTRA 与 NR 二层功能的比较在于 RLC 的串联功能移至 MAC, 重排移至 PDCP。

在 NR 中, RLC 层移除了 RLC SDU (Service Data Unit) 的串联功能 (在 LTE 中, 允许将多个 RLC SDU 或 RLC SDU 分段串联在一起生成一个 RLC PDU, 而在 NR 中不支持), 而是由 MAC 层负责对 RLC PDU 进行串联, 其目的是使 RLC 和 MAC 层能够提前进行预处理, 以减少处理时延。

在 LTE 中, MAC 层的 HARQ 操作可能导致到达 RLC 层的报文是乱序的, 所以需要 RLC 层对数据进行重排序, 并按序将重组后的 RLC SDU 发送给 PDCP 层, 也就是说, RLC SDU n 必须在 RLC SDU $n+1$ 之前发送给 PDCP 层。但是 RLC 层的按序递送可能会给 PDCP 层的解密操作带来较大的时延。假如 RLC 层在 SDU n 之前成功接收到了 SDU $n+1$, 那么 PDCP 层需要等到 RLC 层收到 RLC SDU n 并递送给 PDCP 之后才能收到 RLC SDU $n+1$ 。

在 NR 中, 移除了 RLC 层的重排序功能, 即 RLC 层不支持按序递送 RLC SDU 给 PDCP 层。RLC 层在收到

一个完整的RLC SDU后,就立即递送给PDCP层处理,而无需关心之前的RLC SDU是否已经成功接收,从而降低了RLC层的处理时延。也就是说,RLC层送往PDCP层的数据可能是乱序的,数据的按序递送(包括重排序)由PDCP层来负责。

通过这些改进,发送方(RLC和MAC)和接收方(RLC和PDCP)提升了处理效率,降低了整体时延,总结如表3所示。

表3 E-UTRA与NR的二层功能比较

功能	E-UTRA	NR
PDCP层	重排、提前进行解密和完整校验	重排、提前进行解密和完整校验 增加了传输缓冲器和接收缓冲器
RLC层	RLC重传解决丢失、出错 RLC重排实现按序提交 发送:分段、串联。1个RLC PDU=1个或多个RLC SDU(分段)。 接收:重排、重组。RLC需要先进行RLC PDU的重排,再进行RLC SDU的重组	RLC重传解决丢失、出错 RLC重排实现按序提交 发送:分段。1个RLC PDU=1个RLC SDU(分段) 接收:重组。RLC需要先进行RLC PDU的重排,直接交给PDCP
MAC层	HARQ重传解决丢失、出错 HARQ多个进程引发乱序	HARQ重传解决丢失、出错 HARQ多个进程引发乱序 在RLC PDU(MAC SDU)产生后就添加MAC Sub-header 另外,MAC负责将MAC SDU(包括Sub-Header)和MAC CE(Control Element)进行串联

4.4 EN-DC网元改造对比

EN-DC组网虽然是基于LTE,但也需要核心、无线网各个网元的升级。

相同点如下。

a) 核心网网元相同,包含MME、SGW、PGW、HSS等。

b) 采用的信令流程和消息相同,信令流程参考3GPP TS 23.401的附着流程,信令消息则主要参考3GPP TS 24.301的NAS消息、3GPP TS 29.274的GTPv2消息、3GPP TS 36.413的S1AP消息以及3GPP TS 29.272的S6a Diameter消息等。

不同点如下。

a) UE需要支持5G NSA的能力,也就是要对EN-DC的支持。

b) MME需要支持感知UE的5G NSA能力,并从HSS下载相关的签约数据,如果是5G NSA终端,MME需要能够根据终端能力选择支持5G的SGW和PGW。

c) HSS需要支持5G的签约QoS参数,主要是AMBR。

d) EPC的DNS需要能帮MME选择5G的SGW和PGW。

e) eNB需要新增协议栈,在广播消息中增加EN-DC标识。

5 结束语

本文主要从5G的架构选项的概念介绍入手,引入MR-DC对目前4G到5G技术过渡的重要性,对MR-DC的控制面和用户面进行功能解释,最后通过EN-DC和现网LTE的差异性对比给出NSA组网时需关注的信息。

参考文献:

- [1] 3GPP TSG RAN#72 RP-161266. Architecture configuration Options for NR[EB/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [2] 3GPP TSG RAN#79 RP-180456. Work item on EN-DC and MR-DC enhancements[EB/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [3] 3GPP TSG RAN#79 RP-180503. Do 3 and 5 make 7?[EB/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [4] Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces: 3GPP TR 38.801[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [5] Study on Architecture for Next Generation System :3GPP TR 23.799[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [6] NR; Multi-connectivity; Overall description: 3GPP TS 37.340[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [7] NG-RAN; Architecture description: 3GPP TS 38.401[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [8] NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification: 3GPP TS 38.331[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [9] General Packet Radio Service (GPRS) enhancements Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access :3GPP TS 23.401[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [10] Evolved Packet System (EPS); Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunneling Protocol for Control plane (GTPv2-C) : 3GPP TS 29.274[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [11] Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP) : 3GPP TS 36.413[S/OL]. [2020-03-20]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

作者简介:

陈嘉明,毕业于华南师范大学,工程师,硕士,主要从事网络优化管理、网络优化、新技术研究等工作。

