

RAN3#97(2017/8)和 RAN3#97bis(2017/10)上 L1 底层分离

1.1 RAN3 #97(2017/8)中关于 CU/DU 低层切分(PHY 内部)讨论内容摘录 (2017/8)

1.1.1 R3-173300-->R3-173302-->R3-173352-->R3-173404-->

R3-173437 Skelton TR for CU-DU LLS SI [NTT DOCOMO, INC. (SI
rapporteur)]

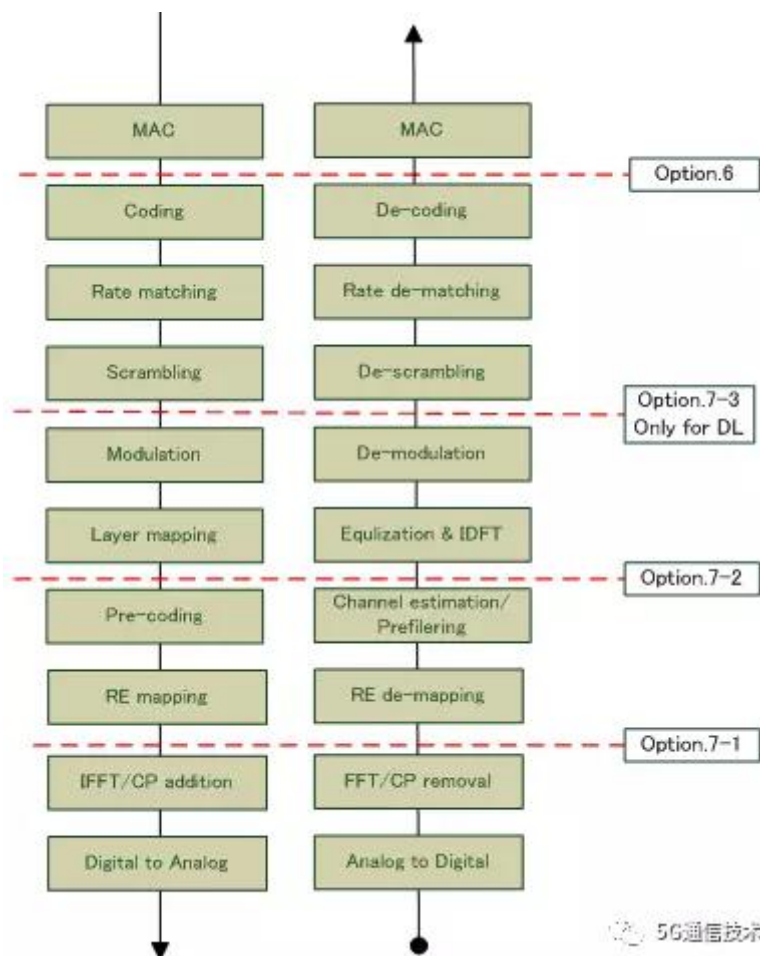
对底层切分时的一些概念进行了定义。

lls-CU：进行低层切分时，gNB CU 中实现 PHY 以上的各层(如 MAC、RLC、PDCP、SDAP 和 RRC)以及部分 PHY 的高层功能，并对一到多个 lls-DU 进行控制 and 操作。

lls-DU：进行低层切分时，gNB DU 中实现部分 PHY 的底层功能，并部分地被 lls-CU 所控制。

1.1.2 R3-172946:Further analysis on option 7 (ZTE)

此提案是认为可以采用 TR38.801 V14.0 和 R3-172580 中类似的 L1 处理流程来进行 NR 分析。

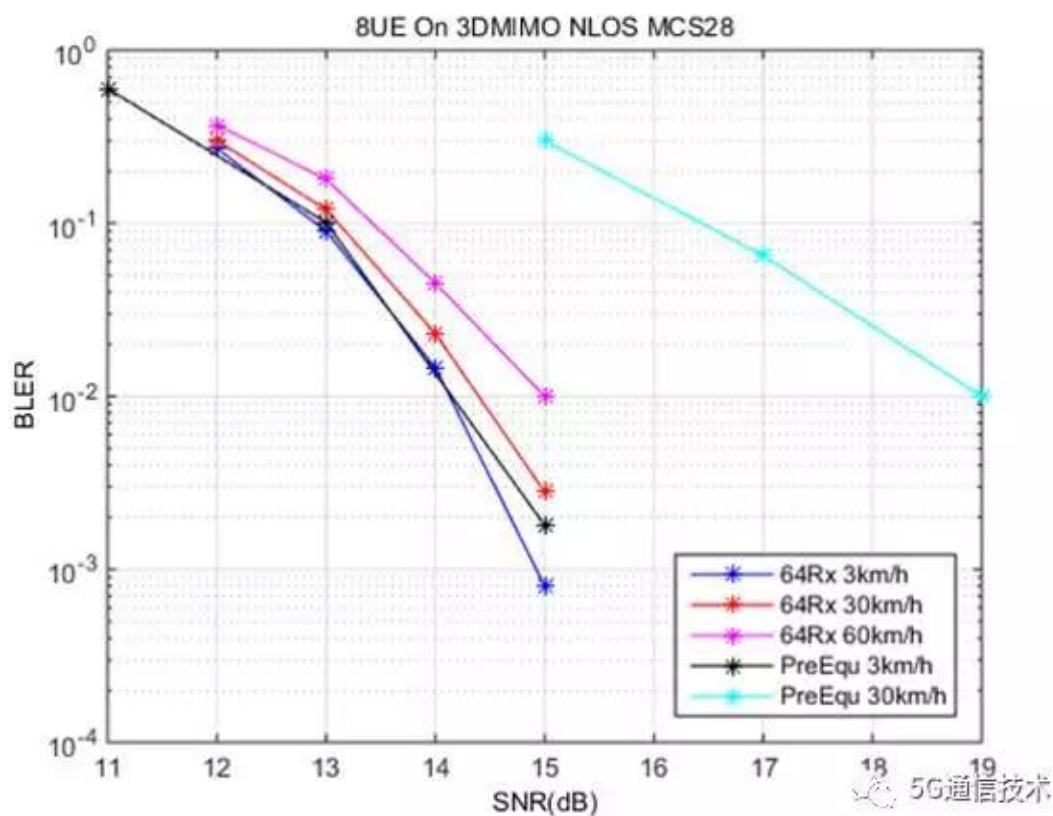


DL：NR 还采用 CP-OFDM 勃兴，且下行处理过程与 LTE 相类似。当然，NR 中采用了数字波束赋形，但它可以看作是预编码的特殊情况，且模拟波束赋形可看作是天线的一部分，因此它们对前传带宽没有影响。

UL：NR 采用 CP-OFDM 和 DFT-S-OFDM，而 LTE 只采用 DFT-S-OFDM。然而，上行都可以采用相同的预滤波(pre-filtering)和均衡功能。NR 中采用 DFT-S-OFDM 时，IDFT 可以看作一个 add-on 功能。

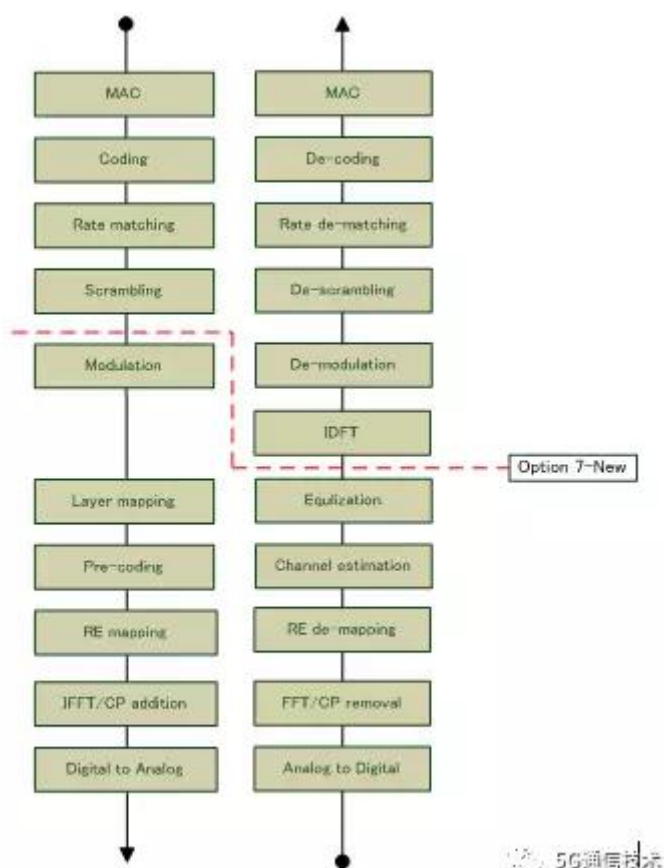
下行应主要考虑前传带宽，上行则应同时考虑性能和前传带宽。

UL 的 3 个选项中，选项 7-2 将 pre-filtering 功能移到 DU 中，将 MMSE 均衡留在 CU 中。由于 pre-filtering 明显降低前传上数据流的维度，比如从 Rx 天线数变为层数，因此相对于 7-1 下的标准均衡，7-2 这种切分方式会导致性能恶化。仿真采用 8 个 UE 采用 1 层在相同的时频资源上进行 UL 传送，标准均衡方式下，基于 DMRS 信道估计，采用所有的 64 个 Rx 的数据来恢复 8 用户的数据(途中标注为 64RX)；而 PreEQU 方式下，在 DU 中采用预滤波矩阵将 64RX 降低到 8RX 数据之后，在 CU 中执行均衡，以恢复 8 个用户的数据。



仿真表明，低于 3Km/h 时，标准的 MMSE 均衡比基于 pre-filtering 的均衡时的性能略好。但当速度增加到 60Km/h 时，标准 MMSE 均衡的性能略有降低，而基于 pre-filtering 的均衡的性能明显降低，30Km/h 也如此。

建议 UL 物理层切分应保证 UE 从中速到高速移动时 UE 的均衡性能不应该降低。为此，建议增加新的切分方式，将标准均衡和 IDFT 功能分成 2 个功能块，标准的均衡功能完全位于 DU 中，而 IDFT 位于 CU 中，暂称为选项 7-new。



当 IDFT 位于 CU 中时，支持符号级的 UL CoMP。选项 7-new 也有助于实现此点。

低于前传的带宽，基于以下参数进行估算：

载波带宽：10MHz，64T64R,DL MIMO 层数 32，UL MIMO 层数 16。

每个 UL/DU 时隙有 12 个数据符号和 2 个 DMRS 符号。

前传带宽不包括 MAC 信息。

计算结果如下。详细过程请参见原提案。可见 7-new 所需前传带宽较低。

Table 1 Fronthaul bandwidth vs. low layer split options

Low Layer Split Options	Fronthaul BW (Gbps)	
	DL	UL
Option 6	17.83	8.91
Option 7-1	116.98	116.98
Option 7-2	40.11	29.25
Option 7-3	20.05	NA
Option 7-New	20.05	25.07
Option 8	157.29	157.29

不同切分方式对 CoMP 的支持性如下。

Table 2 Supported CoMP functions vs. low layer split options

	Option7-1	Option7-2	Option 7-New	Option 7-3
DL CoMP CS/CB	Y	Y	Y	Y
DL CoMP JT	Y	Y	Y	Y
UL CoMP CS/CB	Y	Y	Y	NA
UL CoMP JR	Y	Y	Y	NA

1.1.3 R3-173033 : Down selection of Option 6and 7 for CU-DU Lower Layer Split (NEC)

此提案与 NR#2 中的 R3-172400 完全相同 ,由于 NR#2 会议中 Nottreated, 故此重新提交。

请参见之前所撰写的相关文档(“第三部分：RAN #76(2017/6)全会和 RAN3-NR#2(2017/6)重启 L1 底层分离讨论”)。

1.1.4 R3-173148 :Further consideration on asymmetric CU-DU low layer split (CMCC)

CMCC 早在 RAN#93bis 阶段就提出了异步切分的 7c 选项的概念，即下行采用 7-2，上行采用 7-1。7-2 所需前传带宽较小，因为它采用层数来计算，而 7-1 采用天线数来计算。从这个意义上讲，上行还有进一步优化的空间。

降低上行带宽可以采用 2 种方法。

一方面，在 UL 的 FFT 之前采用时域预过滤操作来代替频域预过滤，并将其放在 DU 中，可以将 port 相关的信息处理为层数相关的信息后传送到 CU，从而降低所需带宽。

另一方面，上行 SRS 相关的操作可以在 DU 中进行。SRS 处理单元之前在 CU 中，因此 port 相关的信息需要从 DU 中的 SRS 信号(signal)单元传送到 CU 中的 SRS 处理(process)单元中，者占用了很大带宽。因此，如果将 SRS 处理(process)单元移到 DU 中，则大多数 SRS 相关的处理工作将在 DU 中完成，从而降低前传所需的带宽。

然而，此工作会使 DU 中的复杂性和维护难度增加。因此，如果评估认为 7c 带来的影响较大，上行仍建议采用 7-2，它能更好地均衡所需带宽以及性能需求。

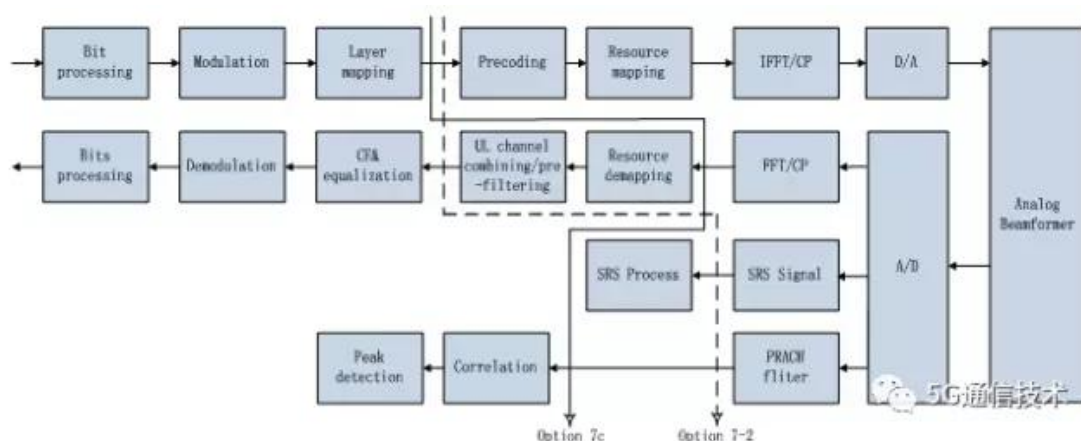


Figure 1: Functional block diagram after the optimization on Option 7c

1.1.5 R3-173281:Further details on intra-PHY split options (Intel Corporation)

此提案与 NR#2 中的 R3-172287/R3-172288 完全相同，由于 NR#2 会议中 Not treated, 故此重新提交。此提案中提出了很多重要的概念，推荐大家仔细阅读。

详细译稿请参见之前所撰写的相关文档(“第三部分：RAN #76(2017/6)全会和 RAN3-NR#2(2017/6)重启 L1 底层分离讨论”)。

重要建议列举如下。

建议在 PHY 流程图中增加波束赋形的内容。

对于数字波束赋形，其功能可以看作是下行预编码(precoding)和上行预过滤(pre-filtering)功能的一部分，因此是否需要在图中单独表示。

建议在 PHY 层添加一个 PRACH 处理功能块。PRACH 在 L1 的处理包括 PRACH 过滤、相关和峰值检测。

在调度过程中需要 SRS 数据，且下行预编码和上行预过滤产生过程中也都可能会用到 SRS，因此添加 SRS 处理模块也很重要。

预过滤的目的是根据信道信息将从天线端口上接收到数据压缩到数据流上，与下行预编码相类似。

对预过滤算法进行了详细描述。

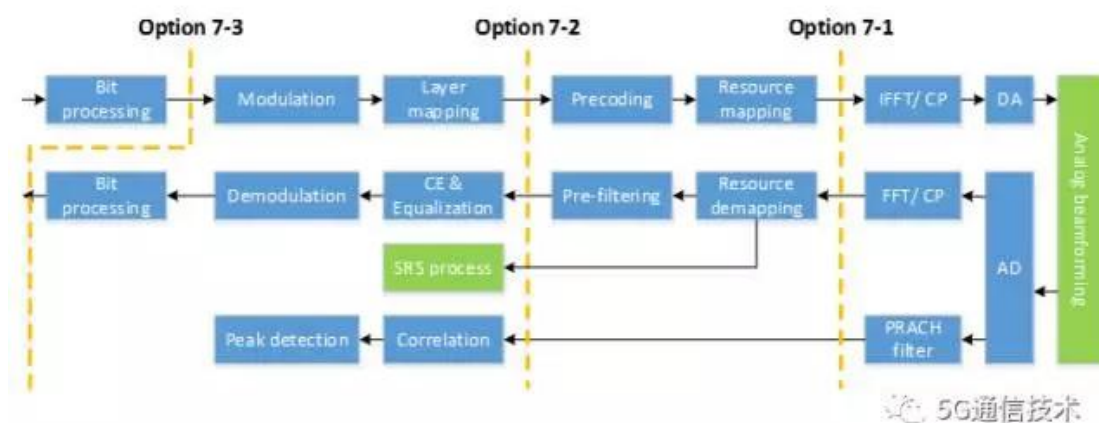


Figure 2 new diagram for intra PHY function split options

预过滤的目的是根据信道信息将从天线端口上接收到数据压缩到数据流上，与下行预编码相类似。

假设预编码矩阵为 H^* ，维度是 $[N_I * N_p]$ ， N_p 是 DU 中的接收天线端口数， N_I 是层数。 H 是上行信道矩阵(可能来自 DMRS 估算或者 SRS 估算或者其它方式)。

预编码就是将数据与预滤波矩阵进行相乘：

$$Y_{\text{prefiltered}} = H^*Y$$

其中， Y 是 FFT/CP 去除后的频域信号。

因此，接收数据的维度从 N_p 转到 N_I 个流。随后可以对预滤波信道进行信道估算工作。

1.1.6 R3-173295: NRL1 processing diagram update (NTT DOCMO)

对 R3-172580 流程图进行了更新和修改，说明如下。

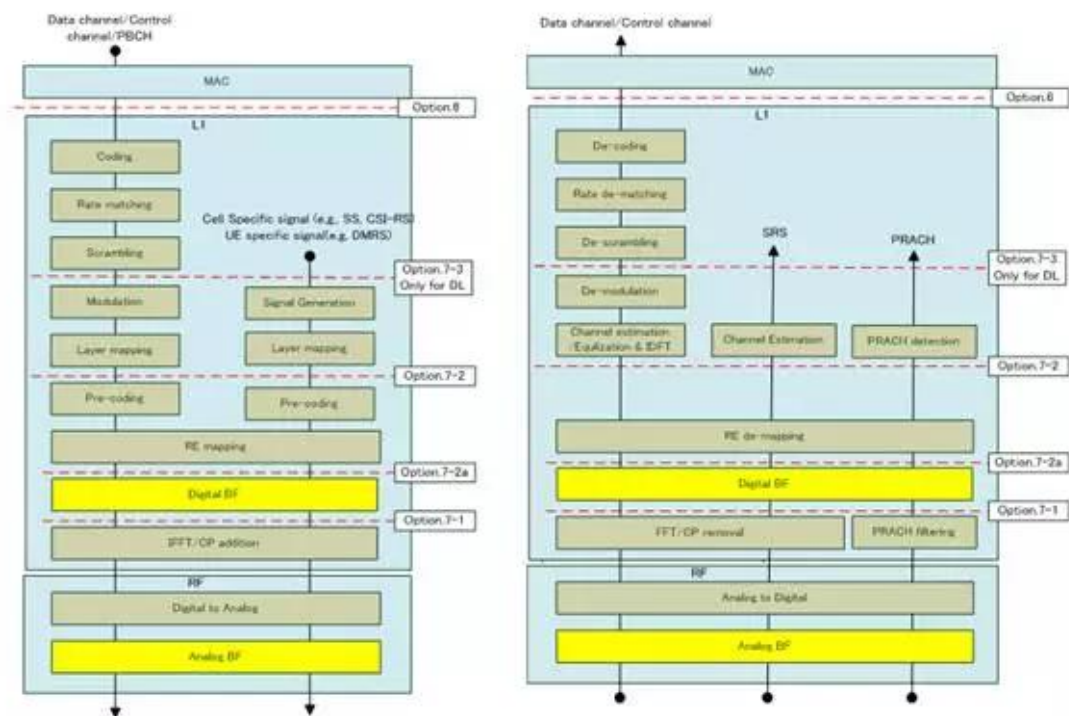


Figure3. Possible NR L1 processing diagram (left-hand side: DL, right-hand side: UL)

不同频段下，可能只包含预编码、预编码+数字 BF，或者预编码+模拟 BF 等多种类型，因此图中不再区分频段。

将协议框和功能框分开表述。

上行，Pre-filtering 功能和数字 BF 一样，因此，将 pre-filtering 功能去除了。不能只考虑数据信道，还需要考虑控制信道、PBCH、下行小区特定的信号、SRS 和 PRACH 等。

DL/UL 控制信道和 PBCH，其处理过程与数据信道相类似。对于下行信号(小区专用信号如 SS、CSI-RS 以及 UE 专用信号如 CSI-RS)，也可以采用相同的框图。

对于 SRS，虽然其处理流程与数据/控制信道类似，但是可能不需要数字 BF，当

然这取决于 SRS 信息的粒度(如 TRX 数或者空间复用的数目)。对于 PRACH , RAN1 还在对其设计进行讨论 ,可能针对不同子载波间隔设定多种 PRACH 格式 , 因此 PRACH 过滤明确标注 , 以便与 FFT/CP 去除相区分。

1.1.7 R3-173402:Overall of proposed L1 processing diagram (NTT DOCOMO)

此提案是本次低层切分讨论的核心文稿 , 对 L1 上下行切分框图中的不同层的功能进行了描述 , 并对各种切分选项进行了详细说明。

这是最应该翻译学习的一篇文稿 , 推荐感兴趣的读者自行阅读原稿 , 相信对物理层功能和低层切分等内容会有全面深刻的了解和认识。

本提案所基于的 L1 处理框图和切分选项如下。

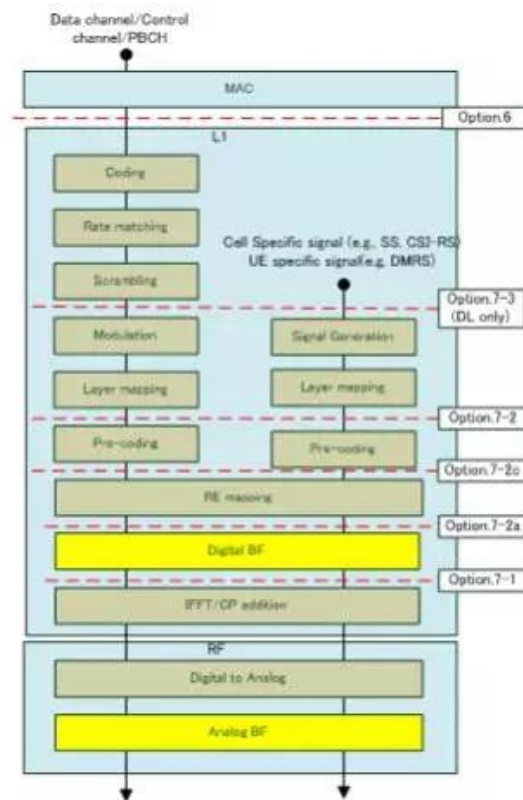


Figure 1. NR Layer-1 functionalities and their distribution between gNB-CU and gNB-DU for DL

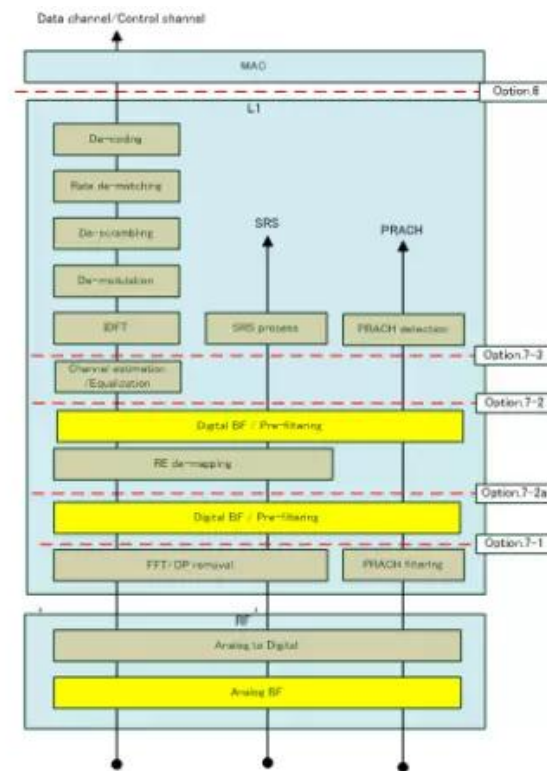


Figure 2. NR Layer-1 functionalities and their distribution between gNB-CU and gNB-DU for UL

1.1.8 R3-173296-->R3-173403-->R3-173430-->

R3-173438-->R3-173439: draft LS on NR L1 processing diagram (NTT DOCOMO)

RAN3 请 RAN1 对相关流程图进行 review 的文稿。

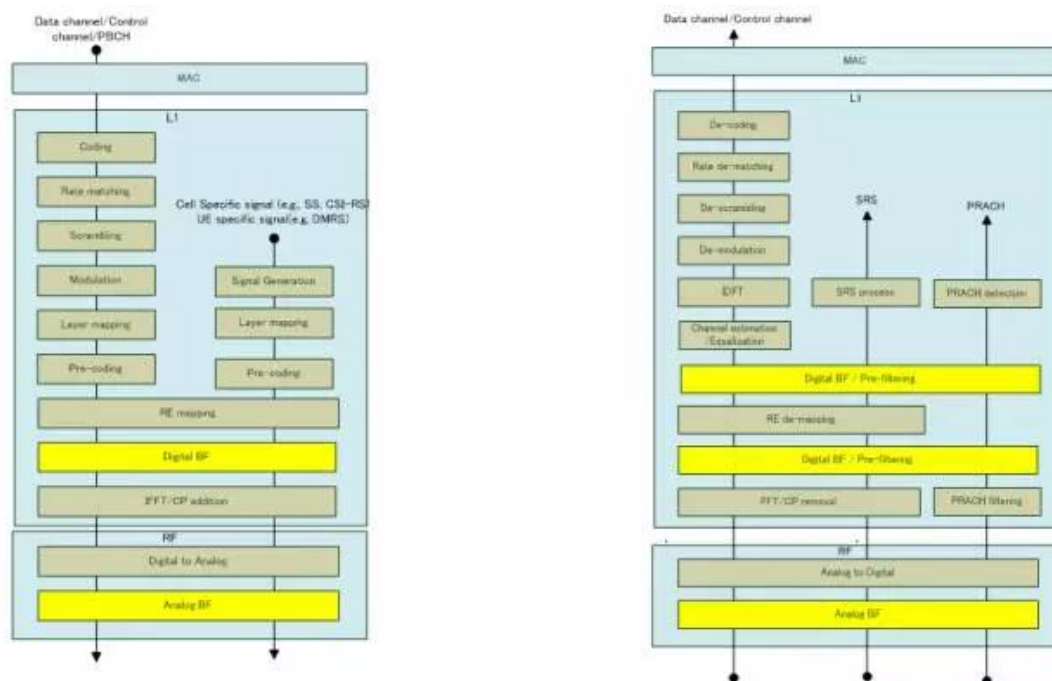


Figure 1 - NR L1 processing chains presented in RAN3 for DL (left-hand side) and UL (right-hand side)

RAN3 请 RAN1 对此流程图从以下几个方面进行反馈：

RAN1 中对 NR 的哪些功能已经进行过讨论并有了定论(Agreed)？

实现中有哪些可能的选项(存在、顺序和功能块之间的依赖性)？

前传带宽对层数和天线端口数的依赖性如何？

明确框图的准确性，并提供修改和澄清建议(如果有的话)。

1.1.9 R3-173298: T Pon L1 processing diagram (NTT DOCOMO)

对 R3-173295 的文字建议。

1.1.10 R3-173094: Evaluation criteria of low-level CU-DU RAN

functional split (China Telecom)

建议从传输网需求、性能以及 O&M 等方面对 LLS 进行评估。

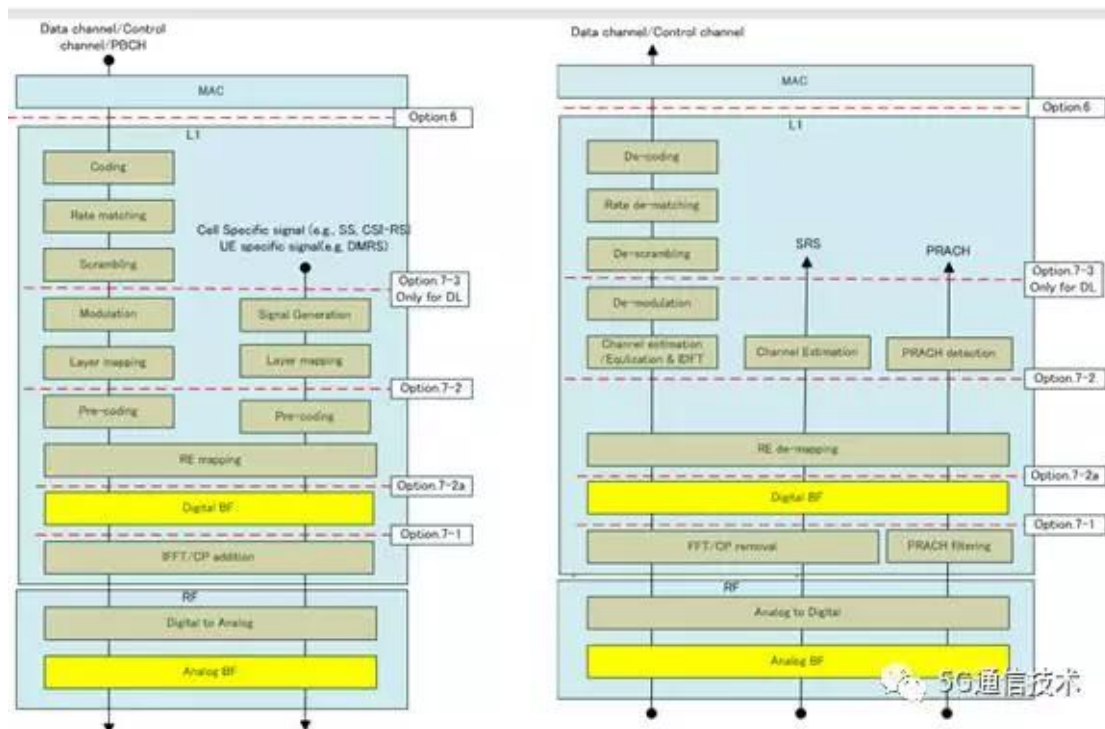
1.1.11 R3-173137:Evaluation criteria for CU-DU low layer split (CMCC)

建议从以下等多个方面对 LLS 进行评估。

- 传输需求
- Collaborative 性能增益
- Pooling 增益& 接口复杂性
- O&M(操作和维护性)

1.1.12 R3-173297/173299:Evaluation criteria for lower layer split (NTT DOCOMO)

建议从前传带宽、性能、前传接口复杂性以及 DU 影响等方面进行评估。



评估对比结果如下：

Evaluation Criterion		Option 6	Option 7				
			7-3	7-2	7-2a	7-1	
Fronthaul bandwidth	Required bandwidth	Low	Higher than Option6 (similar among 3 options)			Higher than others	
		baseband bits	Quantized IQ (f)				
	scaling based on layer/stream/antenna	Scales with MIMO layers					Scales with antenna ports
	traffic dependent or not	Yes			No		
Performance	Multi-cell/freq. coordination	centralized <u>scheduler</u> (can be common per CU)					
	UL advanced receiver aspect	FFS	N/A	FFS	Yes		
Fronthaul interface complexity	Specification complexity	Higher on the right					
	Multi-vendor interoperability	Easier on the right					
DU impact	DU complexity	Lower on the right					
	Future proofness	More on the right					

1.2 RAN3#97bis(2017/10)中关于CU/DU 低层切分(PHY 内部)讨论内容

摘录

1.2.1 R3-173821:Complexity evaluation for LLS Options 6 and 7 (NEC)

LLS 进行分析对比。进行复杂性对比时，需要明确是定性分析还是定量分析，是要分析接口复杂性还是 DU 复杂性。

考虑到接口上信令的交互会影响接口复杂性，因此可以基于信令信息来分析。结果表明，从选项 6 到 7-1，接口复杂性会降低。

Table 1: Example of additional signalling information sent from CU and DU for LLS using options 6 and 7

LLS Option	Information sent from CU and DU (DL)
Option 6	<ul style="list-style-type: none"> Parameters for channel coding (e.g. TBS), rate matching, and scrambling HARQ-ACKs, MCS, layer mapping (e.g. transmission schemes and number of layers), beamforming scheme, RB allocation Information related to DL channels
Option 7.3	<ul style="list-style-type: none"> HARQ-ACKs, MCS, layer mapping (e.g. transmission schemes and number of layers), beamforming scheme, RB allocation Information related to DL channels
Option 7.2	<ul style="list-style-type: none"> Precoding matrix number of antenna ports, and number and mapping of assigned REs
Option 7.1	<ul style="list-style-type: none"> number of antenna ports, and number and mapping of assigned REs

DU 复杂性可以根据 DU 中所实现的功能所需处理能力和缓存大小等来进行量化分析(如层影射、预编码和 BF 等),其复杂性与接口复杂性的变化趋势一致,也是从 6 到 7-1 逐渐降低。

总体上建议对接口复杂性和 DU 复杂性进行定性分析,而非量化分析。

1.2.2 R3-173878 : TP on L1 processing diagram(NTT DOCOMO)

此提案是希望 TR38.816 中增加的文字内容的描述。

请参照 R3-173402 学习,并推荐深入研究。

1.2.3 R3-173980 : Scope of Low Layer Split Architectures (Ericsson)

描述 CU 和 DU 之间的逻辑功能和管理方式等。

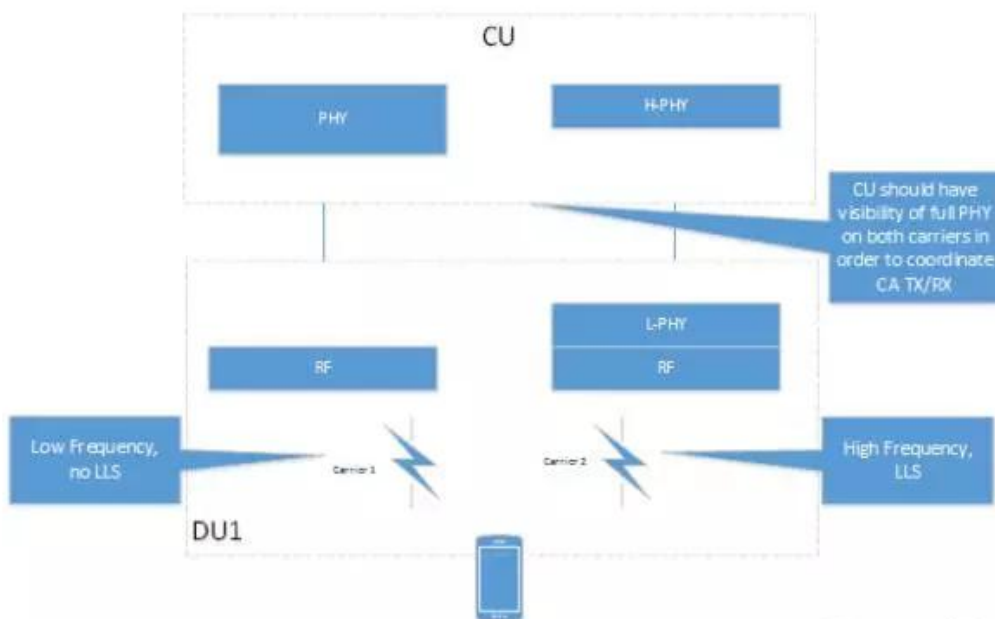


Figure 1: Example of different architecture usage to serve same UE. It applies to Multi-connectivity or CA

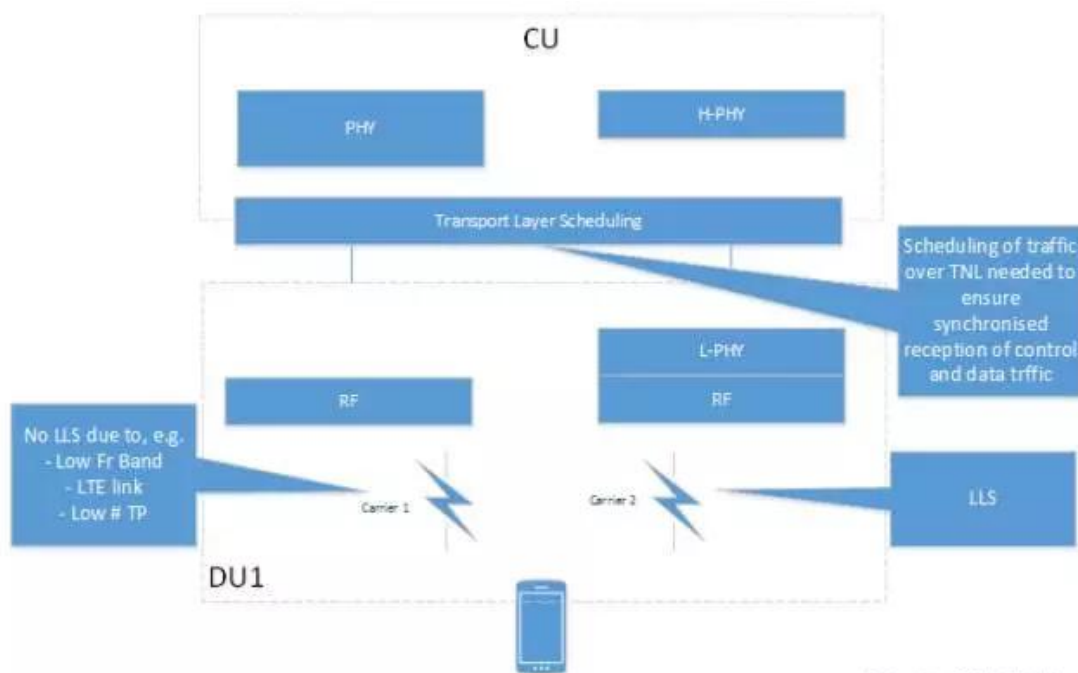
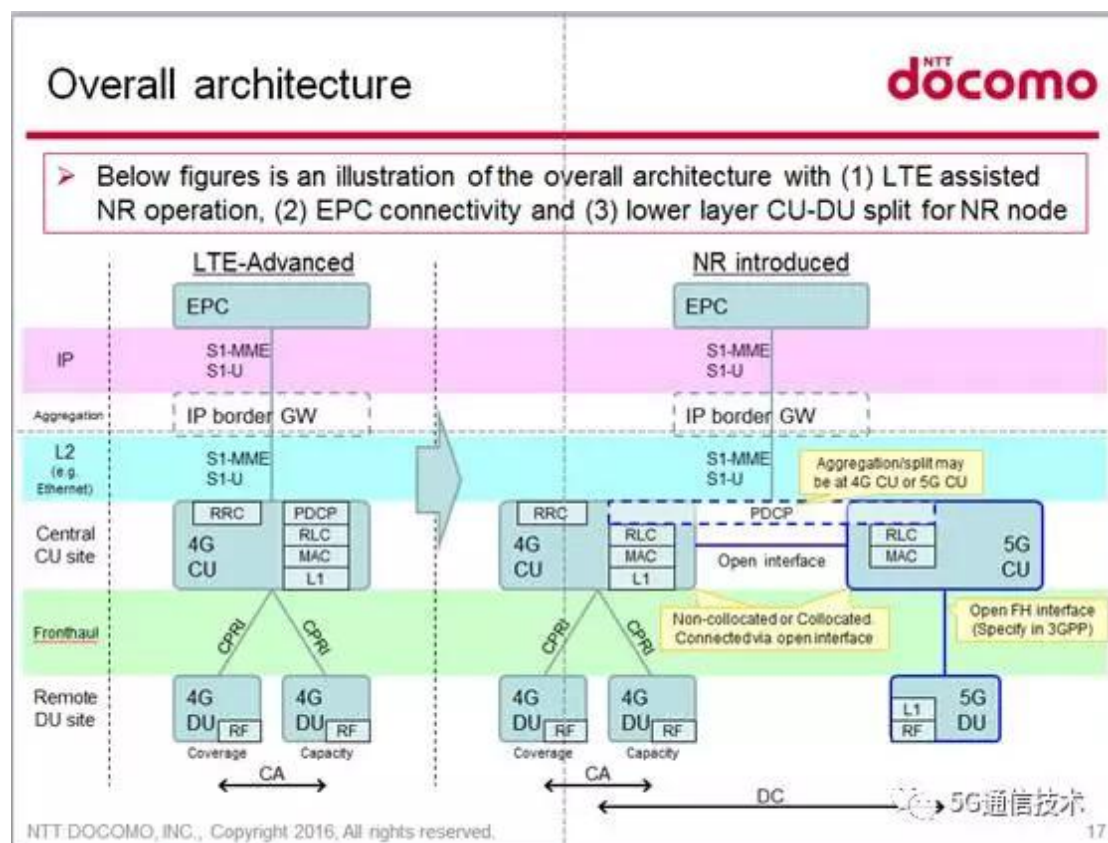


Figure 2: TNL scheduling needs for use of different low layer architectures

1.2.4 R3-174096 : Rensponse to R3-173980 (NTT DOCOMO)

与现用网络的互操作性和共存性的分析。

目前假定现用系统(E-UTRA 和 CPRI)与低层间没有紧耦合和共存关系,而只与上层(如 PDCP)之间采用双连接(DC)方式实现紧耦合和共存。因此,不确定 RAN3 是否要考虑这个问题。



1.2.5 R3-174161-->R3-174220 : Scope of Lower Layer Split

Architectures 38.816 v0.0.1 (Ericsson)

LLS 应当对普通的网络特性进行支持,如 UE 特性、部署等。以下为独立部署或者混合部署下的一个应用场景:

不同 LLS 可以适用于 UE 的 UL 和 DL 通信。

不同的 LLD 可以在不同载波和频段上进行通信。

E-UTRA 和 NR 可以共享同一个载波并对 UE 提供服务。

不同的 LLS 可以采用不同 RF 进行通信。

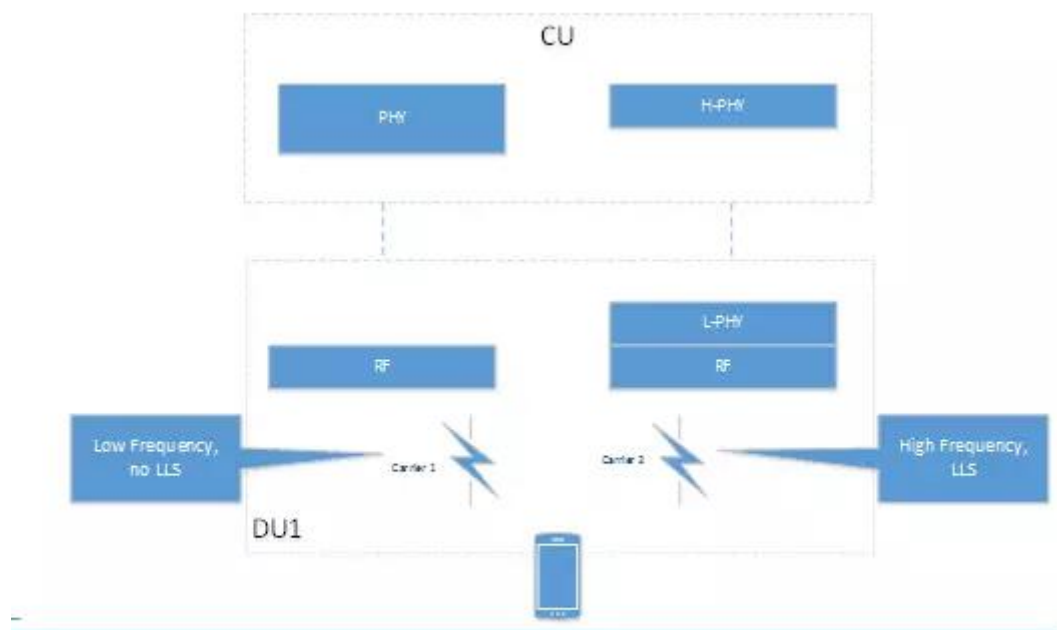


Figure 1: Example of different architecture usage to serve same UE

应当研究和分析 LLS 中不同实体间的接口如何进行设计和实施。应当分析不同 LLS 架构下控制和数据如何进行协调。应当研究不同 LLS 下不同传输上话务调度如何进行，不同 LLS 下 LTE 和 NR 如何进行载波共享。

1.2.6 R3-173881 : Evaluation on the required fronthaul bandwidth (NTT DOCOMO)

对 LLS 前传带宽进行计算和对比。

所使用的参数如下：

Table5-3: Parameter sets for fronthaul bandwidth evaluation

Parameter set	Channel BW	Modulation scheme	Num. of MIMO layer	IQ bitwidth	Num. of antenna port
[Ref] TR38.801	100MHz(DL/UL)	DL: 256QAM UL: 256QAM	DL: 8 UL: 8	DL: 2*(7~16)bit UL: 2*(10~16)bit	DL: 32 UL: 32
#1 (used in [3])	400MHz(DL/UL)	DL: 256QAM UL: 256QAM	DL: 8 (NOTE) UL: 4		DL: 32 UL: 32
#2	160MHz(DL/UL)	DL: 256QAM UL: 64QAM	DL: 8 UL: 4		DL: 32 UL: 32
#3	640MHz(DL/UL)	DL: 64QAM UL: 64QAM	DL: 2 UL: 2		DL: 2 UL: 2
#4	640MHz(DL/UL)	DL: 256QAM UL: 64QAM	DL: 8 UL: 2		DL: 8 UL: 8

NOTE: While RAN1 agreed to support 12 layers for MU-MIMO, and 8 layers for SU-MIMO, this table assumes SU-MIMO.

下行估算结果如下：

Table2: The required fronthaul bandwidth for split points and parameter sets for DL

DL		Option6		Option7				
				7-3	7-2	7-2c	7-2a	7-1
Transferred data		Baseband bits			Quantized IQ (f)			
Scaling based on MIMO layer/ antenna port		MIMO layers			MIMO layers / Ant ports (NOTE1)	MIMO layers	Ant ports	
Required FH BW [Gbps]	[Ref] TR38.801	4.133	4.133	10.1 ~ 22.2	10.1 ~ 22.2 / 37.8 ~ 86.1	10.1 ~ 22.2	37.8 ~ 86.1	
	Parameter sets	#1	16.5	16.5	40.4 ~ 88.8	40.4 ~ 88.8 / 151.2 ~ 344.4	40.4 ~ 88.8	151.2 ~ 344.4
		#2	6.61	6.61	16.6 ~ 35.5	16.6 ~ 35.5 / 60.48 ~ 137.7	16.6 ~ 35.5	60.48 ~ 137.7
		#3	4.96	4.96	16.6 ~ 35.5	16.6 ~ 35.5 / 15.12 ~ 34.4	16.6 ~ 35.5	15.12 ~ 34.4
		#4	26.45	26.45	64.64 ~ 142.08	64.64 ~ 142.08 / 60.48 ~ 137.76	64.64 ~ 142.08	60.48 ~ 137.76

NOTE1: Depends on the presence of Digital BF

上行估算结果如下：

Table3: The required fronthaul bandwidth for split points and parameter sets for UL

UL		Option6	Option7			
			7-3	7-2	7-2a	7-1
Transferred data		Baseband bits	Quantized IQ (f)			
Scaling based on MIMO layer/ antenna port		MIMO layers	MIMO layers	MIMO layers/ Ant ports	MIMO layers	Ant ports
				(NOTE2)		
Required FH BW [Gbps]	[Ref] TR38.801	5.64	16.6~21.6	16.6~21.6 / 53.8~86.1	16.6~21.6	53.8~86.1
	Parameter sets #1	15.04	33.2 ~ 43.2	33.2 ~ 43.2 / 215.2 ~ 344.4	33.2 ~ 43.2	215.2 ~ 344.4
	#2	4.512	13.28 ~ 17.28	13.28 ~ 17.28 / 86.08~ 137.76	13.28 ~ 17.28	86.08~ 137.76
	#3	9.024	26.56 ~ 34.56	26.56 ~ 34.56 / 21.52 ~ 34.44	26.56 ~ 34.56	21.52 ~ 34.44
	#4	9.024	26.56 ~ 34.56	26.56 ~ 34.56 / 86.08 ~ 137.76	26.56 ~ 34.56	86.08 ~ 137.76

NOTE2: Depends on the presence of Digital BF / Prefiltering

1.2.7 R3-174089 :eCPRI and the Study onCU-DU lower layer split for NR (NTT DOCOMO) (not pursued)

由于 8 月份 eCPRI V1.0 规范颁布了(本公众号此前有过详细介绍)，而 3GPP 底层讨论与 eCPRI 密不可分，因此本提案分析了 eCPRI 规范与 LLC 的关系。因此对于了解 eCPRI 协议与 3GPP LLS 关系有很大帮助。

总体结论是 RAN3 的底层切分工作中应当结合 eCPRI 来进行。详细建议如下：

eCPRI 规范中物理层的功能内容与 RAN3 提供给 RAN1 的 NR L1 处理链基本一致。

虽然 eCPRI 规范集中在屋里层内一些特定的切分方式上，但是其它切分方式并没有被排除。

eCPRI 规范对 eCPRI 接口定义了 3 种信息流，即用户面、C&M 即控制和维护面、同步面，并对用户面进行了协议层。

eCPRI 对用户面规定了 2 种传输选项，即用户面基于 Ethernet 和基于 IP。

eCPRI 对用户面定义了"eCPRI 消息"，包括 "IQ 数据" 消息类别和 "比特序列" 消息类别，还有针对实时控制数据的 "实时控制数据" 消息类别。

eCPRI 规范中，消息类别的域的描述由高层提供，但是细节留给设备商去实现。

eCPRI 规范没有对 C&M 面限制/规定太多的东西。

eCPRI 规范提供了一个框架(framework)，NR 的 CU-DU 底层切分中不应当忽略 eCPRI 规范，应当研究如何在 eCPRI 规范之上提供更多的价值。

同时，eCPRI 对实施细节没有太多描述，而是由设备商来实现。这种实施的灵活性利于产品的快速引进和部署，并便于采用不同的 CU-DU 切分方式。当然这种灵活性也意味着在互操作方面有更多的工作要做。

因此，RAN3 应当对 eCPRI 规范没有定义的部分进行研究，降低 CU-DU 切分架构下的互操作的难度。

用户面(如用户面和实时控制数据)"eCPRI 消息"中的更多的细节描述，以及 C&M 面的细节描述应当是 RAN3 研究工作的一部分。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

