

# 5G BWP 关键技术及应用研究

## Research on Key Technology and Application of 5G BWP

黄陈横(广东省电信规划设计院有限公司,广东 广州 510630)

Huang Chenheng(Guangdong Planning and Designing Institute of Telecommunications Co.,Ltd.,Guangzhou 510630,China)

### 摘要:

5G NR引入部分带宽(BWP)概念,它是在系统信道带宽内配置的一组连续资源块上,完整实现5G应有的功能特性。BWP的应用对于国内运营商重耕低频5G NR而言至关重要,尤其对于低频大带宽FDD NR而言,要考虑网络对不同终端能力的向下兼容性。通过描述3GPP规范中的BWP概念、BWP配置方法和BWP切换机制,讨论UE终端对BWP支持能力,提出部署BWP应用场景和基于2.1 GHz NR的BWP配置方法,为5G网络演进规划提供指导意见。

### 关键词:

5G;新型无线空口;部分带宽;物联网;终端  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.12.009  
文章编号:1007-3043(2021)12-0044-06  
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:

5G NR introduces a fundamental concept called bandwidth part (BWP), which fully realizes the characteristics of 5G on a set of contiguous resource blocks configured inside a channel bandwidth. The application of BWP is crucial for domestic vendors to reform low-frequency 5G NR, especially for low-frequency and large-bandwidth FDD NR, it is necessary to consider the backward compatibility of the network to different terminal capabilities. By describing the BWP concept, BWP configuration method and BWP handover mechanism in 3GPP specification, it discusses the support capability of UE terminal for BWP, and proposes the deployment scenarios of BWP and BWP configuration method based on 2.1 GHz NR, which provides guidance for 5G network evolution.

### Keywords:

5G; NR; Bandwidth part; Internet of things; User equipment

引用格式:黄陈横. 5G BWP关键技术及应用研究[J]. 邮电设计技术, 2021(12): 44- 49.

## 1 概述

相比国外5G毫米波组网起步,国内尽管已在sub-6G下部署5G,相比4G的sub-3G频段,短期内也较难实现5G网络全覆盖、业务全承载,因此运营商已竞相开启sub-3G下重耕4G频谱的步伐,探索低频大带宽FDD NR组网,充分发挥低频组网的覆盖和空口时延优势,承载除eMBB业务之外的uRLLC、mMTC等物联网业务。

本文基于以下2点进行考虑。

a) 未来几年内4G/5G的协同共存,使得短期内sub-3G频点上无论可用带宽资源,还是用户终端产业链的成熟度,均无法满足全频带部署5G,初期小带宽的FDD NR组网不可避免(如 $2\times 10$  MHz、 $2\times 20$  MHz等)。

b) 随着5G垂直行业的拓展,大量中低配置的物联网终端陆续出现,使得带宽配置能力、电池续航能力、成本敏感程度大小不一的终端将长久共存。笔者认为,运营商在进行网络规划时,需结合频谱使用状况、业务规划和产业链发展因素开展5G低频重耕,不断引入5G新特性,满足支持广泛的连接,本文侧重进行BWP技术的应用探讨。

收稿日期:2021-10-10

在NR中引入BWP重要目的之一是支持UE带宽适配以降低设备功耗<sup>[1-2]</sup>,当调度大数据量时,UE可以使用大带宽,而在其他时间内可使用窄带宽。此外,通过配置不同BWP来支持具有不同带宽能力的设备接入,此时基站仍可统一配置较大的小区系统带宽。总而言之,BWP提供了一种可以灵活地分配空口资源的机制,从而将UE的信号限制在该UE可以支持的部分系统信道带宽内。

BWP是NR中的基本概念,了解BWP技术对于全面认识NR至关重要。本文通过学习3GPP NR相关技术规范,提供BWP技术的完整概述,研究BWP的应用及部署策略。本文安排如下:第2章介绍BWP的基本概念,第3章描述如何配置BWP,第4章阐述配置BWP切换机制,第5章中重点讨论UE支持BWP的能力并给出NR部署BWP的应用场景建议和配置实例,第6章对全文进行总结。

## 2 BWP 基本概念

### 2.1 BWP 定义

NR通过 $2\mu \times 15$  kHz (frequency = 0, 1, ..., 4)的子载波间隔(SCS)定义了可伸缩的正交频分复用(OFDM)参数集<sup>[3]</sup>,RB由频域中的12个连续子载波组成。

如图1所示,BWP从某个特定的RB开始,并由一组给定载波上具有给定编号(SCS和循环前缀)的连续RB组成。对于UE所在的服务小区,网络至少配置1个UL/DL BWP(即初始UL/DL BWP)。当前R16可以为UE配置多达4个UL/DL BWP,但同一时间只能激活1个UL/DL BWP。此外NR还支持所谓的补充上行链路SUL,可类似地配置UL BWP。对于FDD,需分别配

置DL BWP和UL BWP。对于TDD,DL BWP自动链接到相同的UL BWP。需要注意的是,成对的DL BWP和UL BWP必须共享相同的中心频率,但是它们可以具有不同的带宽。

通常,UE仅在激活的DL BWP内接收PDSCH, PDCCH或CSI-RS。但是,UE可能需要在激活的DL BWP外做GAP测量。类似地,UE仅在激活的UL BWP内发送PUSCH或PUCCH,对于本服务小区,UE不在激活的UL BWP外发送SRS。

### 2.2 BWP 类型

激活非活动的BWP和停用活动的BWP称为BWP切换。对于成对频谱,可以分别切换DL BWP和UL BWP。本小节描述在给定时间可能处于活动状态的BWP的类型,详细的BWP切换机制将在第4章中进行描述。

初始DL/UL BWP:初始DL和UL BWP用于帮助IDLE/inactive态UE建立RRC连接之前的初始访问。初始BWP的索引为零,称为BWP # 0。在初始接入期间,UE发起接收由主同步信号(PSS)、辅同步信号(SSS)和物理广播信道(PBCH)组成的SSB执行小区搜索。为接入系统,UE还需进一步读取系统信息块1(SIB1),其携带包括初始DL/UL BWP配置的重要信息。SIB1在PDSCH上传输,PDSCH使用索引为零(CORESET # 0)的控制资源集由PDCCH上的下行链路控制信息(DCI)调度<sup>[4]</sup>。

UE在读取SIB1之前,其初始DL BWP与CORESET # 0使用相同的频率范围和参数集。在读取SIB1之后,UE遵循SIB1中的初始DL/UL BWP配置,执行随机接入过程以请求建立RRC连接。

第1个活动DL/UL BWP:可以将首个活动DL和

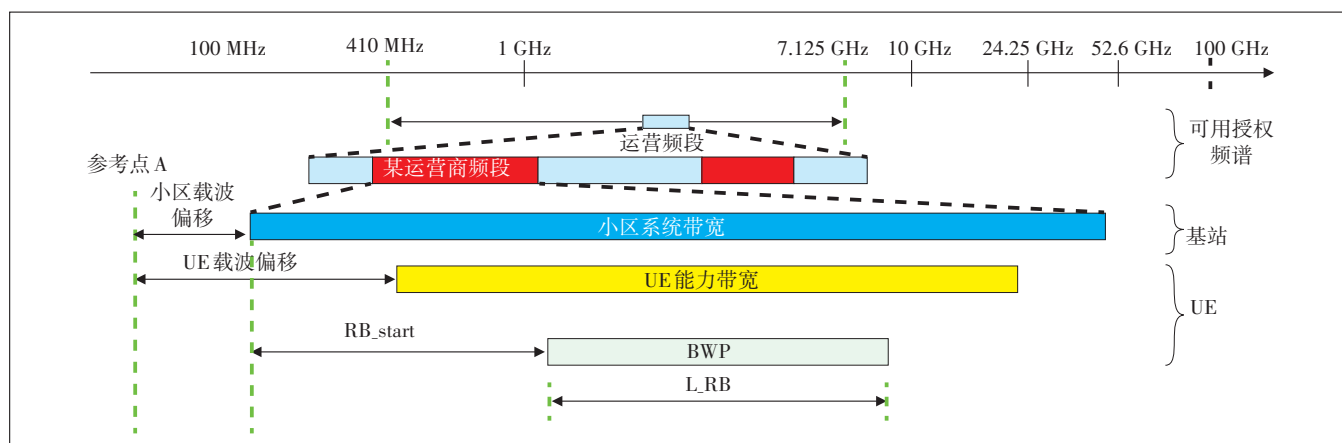


图1 5G NR 频谱管理配置

UL BWP 配置为用于特殊小区 (SpCell) 或辅助小区 (SCell)。首个活动 DL 和 UL BWP 是针对 SpCell 或激活 SCell 的 RRC 连接或重新连接的活动 DL 和 UL BWP。

**默认 BWP:** 对于服务小区, 网络可以为 UE 配置 BWP 不活动计时器。当 UE 超出计时器设置的时长后, 没有在当前活动的 BWP 上进行调度发送和接收即可进入到此默认 BWP, 以便节省功率。如未设置默认 BWP, 则 UE 使用初始 DL BWP 作为默认 DL BWP。

图 2 显示了 UE 从空闲到连接态的 BWP 适配过程。UE 首先执行同步获取 PBCH。假设在 MIB 中配置的 CORESET # 0 具有 24 个 RB, 则 UE 可以假定初始 DL BWP 的宽度为 24 个 RB, 紧接着继续获取 SIB1, SIB1 在此示例中为初始 DL BUL 和 UL BWP 都配置了 24 个 RB。随后, UE 使用较小的初始 DL 和 UL BWP 执行随机接入过程。在随机接入之后, UE 报告其能够支持多个 BWP。利用专用的 RRC 信令, 网络为 UE 配置较大的 DL/UL BWP # 1 (270 RB)、较小的 DL/UL BWP # 2 (52 RB) 和 BWP 不活动计时器。网络将大 DL/UL BWP # 1 设置为第 1 个活动 DL/UL BWP, 将小 DL BWP # 2 设置为默认 DL BWP。在 RRC 配置时, 第 1 活动的 DL 和 UL BWP (即 DL/UL BWP # 1) 被激活并且用于调度大流量数据。随后, UE 无数据请求且 BWP 不活动计时器超时, UE 将其活动的 DL BWP 切换到默认的 DL BWP (即 DL BWP # 2)。注意, 对于 FDD 系统而言, 活动的 UL BWP 可以不切换到 UL BWP # 2, DL 和 UL BWP 需分别进行切换配置。

### 3 BWP 配置

#### 3.1 非零索引的专用 BWP 配置

零索引是为初始 DL/UL BWP 保留的, 具有非零索引的 DL/UL BWP 即专用 BWP, 其作为初始 DL/UL BWP 的补充配置。

DL/UL BWP 配置参数分为公共参数和专有参数。BWP 公共参数是特定于小区的, 该小区下的所有终端参数均对齐一致, BWP 专有参数则特定于某个 UE。

专用 DL BWP 公共参数包括基本的小区特定参数 (频域位置、带宽、SCS 和该 BWP 的循环前缀) 以及用于 PDCCH 和 PDSCH 的其他小区公共参数。专用 DL BWP 的专有参数包括该 DL BWP 的专用于某 UE 的 PDCCH、PDSCH、半静态调度及 RRM 配置。类似地, 专用 UL BWP 的公共参数包括基本 BWP 参数, 与 UL BWP 的随机接入, PUCCH 和 PUSCH 相关的小区特定参数。专用 UL BWP 的专有参数包括该 UL BWP 与 PUCCH、PUSCH、SRS 已配置的授权和波束故障恢复配置有关的 UE 特定参数。

#### 3.2 零索引的初始 BWP 配置

配置索引为零的 BWP (即初始 BWP) 有 2 种配置选项。

选项 1: 仅使用特定于小区的参数配置 BWP # 0;

选项 2: 使用小区特定参数和 UE 特定参数配置 BWP # 0。

选项 1 无专用参数, 因此功能有限。在这种情况下, DL/UL BWP # 0 主要起临时配置作用, 如在初始接入过程可被 UE 使用。为了建立可靠的连接, 网络还应该为 UE 配置一个附加的全功能 DL/UL BWP, 该 DL/UL BWP 配备有特定于小区的参数和特定于 UE 的参数。

选项 2 配置的 DL/UL BWP # 0 是功能齐全的 BWP, 同时具有小区特定参数和 UE 特定参数。UE 可

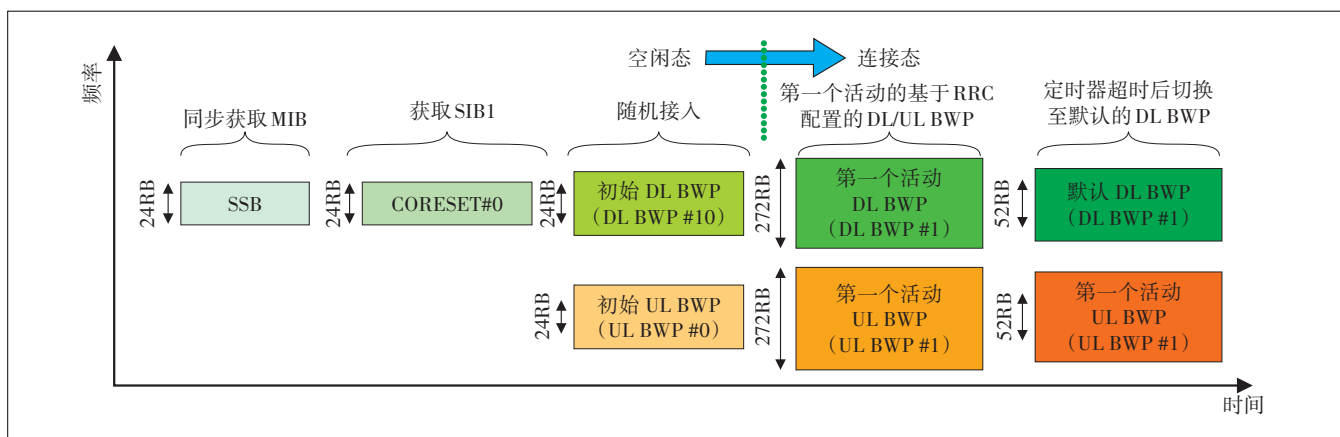


图 2 UE 从空闲到连接态的 BWP 适配过程

以读取不同的信令消息来获得特定于小区和UE的参数。如在初始访问期间,UE可以通过读取SIB1来获得DL/UL BWP # 0的小区特定参数。在初始接入之后,UE可以通过RRC配置进一步获得UE特定的参数。选项2常用于不需要配置多个DL/UL BWP的小区,此时仅通过使用选项2配置DL/UL BWP # 0,UE即可与基站建立可靠的连接。

NR支持多达4个基于RRC配置的DL/UL BWP(即可发起RRC连接)。初始BWP若采用选项1,则可以连续地配置4个基于RRC配置的DL/UL BWP # 1、BWP # 2、BWP # 3和BWP # 4。若采用选项2配置DL/UL BWP # 0,则可以连续地配置另外的3个基于RRC配置DL/UL BWP # 1、BWP # 2和BWP # 3。

## 4 BWP 配置切换

### 4.1 基于RRC重配的BWP切换

当在服务小区上为UE配置1个以上UE特定的DL/UL BWP时,第1活动的DL/UL BWP(如果已配置)指示DL/UL BWP将在针对某个小区的RRC连接或重新连接时激活SpCell。如果未配置第1个活动的BWP,则在RRC连接或重新连接配置时无需BWP切换。第1个活动的DL/UL BWP一般在SCell添加,MCG中更改PCell或者在PSCell中添加或更改SCCell时需要配置。

对于BWP配置选项1,由于无法配置专有参数,DCI格式1\_0/0\_0需与初始DL/UL BWP一起使用,该配置不支持基于DCI的BWP切换,使得初始DL/UL BWP切换到另一个DL/UL BWP需要RRC连接重配。

基于RRC重配的BWP切换,会产生一定的业务延迟,该延迟等于RRC连接重配本身的处理延迟与UE进行BWP切换的延迟之和。RRC过程的处理延迟一般要求在5~80 ms,其在不同的连接控制过程有所不同。UE执行基于RRC重配的BWP切换的延迟则一般为几毫秒。

### 4.2 基于DCI的BWP切换

通过将初始DL/UL BWP外加1个或多个其他DL/UL BWP配置给UE,网络可以通过使用DCI格式1\_1/0\_1的BWP指示符调度UE进行活动DL/UL BWP的BWP切换,如表1所示。DCI格式1\_1和DCI格式0\_1分别是用于PDSCH调度和PUSCH调度的非回退DCI格式,其支持全套NR功能。另一方面,分别用于PDSCH调度和PUSCH调度的回退DCI格式1\_0和0\_0

表1 BWP切换的DCI字段

基于RRC配置的DL/UL BWP数量(不含初始BWP)	BWP指示符域位宽	DCI 0_1/1_1格式BWP indicator	BWP ID	备注	
0	0	-	0	选项1,BWP#0无法使用DCI 0_1/1_1	
1	1	0,1	0,1	BWP 0,1之间切换	选项1中,一旦切回BWP 0则无法通过DCI方式切回其他BWP
2	2	00,01,10	0,1,2	BWP 0,1,2之间切换	
3	2	00,01,10,11	0,1,2,3	BWP 0,1,2,3之间切换	
4	2	00,01,10,11	1,2,3,4	BWP 1,2,3,4之间切换	

不包含BWP指示符字段,因此不支持基于DCI的BWP切换。

DCI格式1\_1/0\_1的BWP字段位宽为0~2,具体值由基于RRC配置的DL/UL BWP数量确定,初始DL/UL BWP除外。表1给出了基于DCI的BWP切换的BWP指示器字段的解释。

基于DCI的BWP切换会要求一定的传输/接收延迟。表2给出了基于DCI和基于计时器的BWP切换延迟要求。对于基于DCI的BWP切换,由T<sub>BWPswitch-Delay</sub>表示的切换延迟定义为UE接收到切换请求的DL时隙与UE能够接收PDSCH的第1个时隙或在新的BWP上发送PUSCH(用于UL有源BWP切换)之间的时隙偏移。如表2所示,有2种级别的BWP切换延迟要求。在时间间隔TBWPswitchDelay内,UE不能发送UL信号或接收DL信号。BWP切换延迟取决于SCS,如果在不同SCS值的BWP之间发生BWP切换,则切换延迟由较小的SCS确定。

表2 基于DCI的BWP切换时延要求

SCS	NR Slot length /ms	BWP 切换时延要求T <sub>BWPswitchDelay</sub> (slots)	
		Type 1	Type 2
15	1	1	3
30	0.5	2	5
60	0.25	3	9
120	0.125	6	18

### 4.3 基于计时器的BWP切换

服务小区可以为UE配置BWP不活动定时器和默认DL BWP。默认DL BWP是配置给UE的DL BWP之一的,并且在非活动定时器超时后变为活动的DL BWP。如果未配置默认DL BWP,则默认DL BWP为初始DL BWP。

对于FR1,定时器的粒度是1 ms(即1个子帧),对

于FR2,定时器的粒度是0.5 ms。当计时器运行时,UE在FR1的每个子帧末尾或FR2的每个半子帧末尾递减计时器。BWP不活动计时器的值范围是2~2 560 ms。BWP不活动计时器的最大值与不连续接收(DRX)不活动计时器的最大值匹配,其可按需配置以防止在DRX不活动计时器运行时BWP不活动计时器超时。

UE在激活默认DL BWP以外的DL BWP时启动服务小区的BWP不活动计时器。FDD下当UE解码针对PDSCH或PUSCH的DCI时,UE重新启动服务小区的BWP不活动计时器。当接收到基于DCI的BWP切换的PDCCH时,UE同样会启动/重启BWP不活动计时器。

## 5 BWP应用建议

### 5.1 终端BWP兼容性

UE通常仅支持指定参数集能力的配置,如带宽大小、发射功率大小、SCS等。UE将其能力发送给基站,网络基于此调度UE。本节描述与BWP相关的UE能力和相应的参数配置。

如第2章所述,UE仅在当前服务小区活动的DL BWP中接收PDCCH和PDSCH,并且在活动的UL BWP中发送PUCCH和PUSCH。UE必须支持1个基于RRC配置的DL/UL BWP的基本操作。

对于初始访问,UE需要通过检测SSB来执行小区搜索和下行同步,并且需要通过对在CORESET # 0中发送的DCI进行解码来获取SIB1。SSB和CORESET # 0的带宽可能包含也可能不包含在DL BWP中。为了降低UE实现的复杂性避免RF调谐,一般建议DL BWP配置涵盖SSB和CORESET # 0(如果存在)。大带宽UE支持BWP操作是一项可选功能。

UE可以使用具有相同参数集的2个或4个基于RRC配置的DL/UL BWP,也可以使用不同参数集的基于RRC配置的DL/UL BWP来支持带宽适配,且能在不同的BWP之间进行切换。

基于RRC重配的BWP切换是所有UE支持的默认功能。基于DCI和基于计时器的BWP切换,可实现高效的带宽适配,适用于支持多个BWP的UE。UE需上报它支持表2中列出的2个切换延迟要求类型。

NR中引入BWP,目的是通过将系统的信道带宽与UE的信道带宽解耦以支持灵活的带宽操作。理论上BWP的带宽范围从1 RB到275 RB,但目前R15不支持小于资源块组(RBG)大小或预编码资源块组

(PRG)的BWP大小。

### 5.2 BWP应用场景

#### 5.2.1 灵活带宽配置

LTE通过支持载波聚合组合实现带宽灵活性,但其需要UE在系统频点的整个频带上发送和接收,不支持系统带宽下拆分小带宽或设置不同参数集。考虑以下几个原因,使得NR对更高带宽灵活性的需求不断增长。

a) NR应该支持比LTE更广泛的频谱范围和更大的载波带宽的网络操作。

b) NR应该支持广泛的服务和应用程序。它们可能对吞吐量、延迟和可靠性有不同的要求。

c) 在同一NR网络中应支持具有不同带宽功能的UE设备。

除了载波聚合之外,BWP可满足更灵活的带宽设置,降低UE复杂度,将UE的接收和传输带宽相互解耦,且进一步与系统带宽解耦。

#### 5.2.2 终端节电

NR中引入了基于BWP的带宽自适应,主要是通过对频率维度上的流量变化进行更细粒度的自适应来提高UE的功率效率。通常通过为UE配置多个BWP并在已配置的BWP之间动态切换UE的活动BWP来实现带宽自适应。为了最大化UE节电增益,通常结合cDRX和/或SCell的快速激活/去激活来应用于基于BWP的带宽自适应。

#### 5.2.3 终端快速自适应配置

从UE的角度来看,其物理信号和信道均由网络下发的BWP配置所决定。UE可通过在多个BWP之间切换来实现一系列空口特性如频率位置、带宽、SCS和循环前缀的快速切换以满足不同场景下的业务需求。网络还可以为具有空口环境但具有不同能力的UE配置BWP。例如,可以将相同空口特性(例如相同带宽、位置、SCS)的2个BWP配置为具有不同上行链路波形的UE:一个BWP配置有循环前缀OFDM(CP-OFDM)波形,另一个BWP配置离散傅立叶变换扩展OFDM(DFT-s-OFDM)波形。

通过在此类BWP之间应用基于DCI的BWP切换,网络可以在1~3 ms(参见表2)内“重新配置”UE,这比传统基于RRC重配的切换快至少1个数量级,实现快速更改UE配置。

此外网络可以向同一UE或不同UE提供具有不同等级服务质量(QoS)的服务,对应于配置了不同的

BWP来满足不同的服务需求。

### 5.3 基于2.1 GHz NR演进的BWP配置建议

目前中国电信和中国联通在2.1 GHz上的频谱使用情况如下。

a) 中国电信:上行1 920~1 940 MHz,下行2 110~2 130 MHz,带宽20 MHz,用于LTE。

b) 中国联通:上行1 940~1 965 MHz,下行2 130~2 155 MHz,带宽25 MHz,分别用于UMTS及LTE。

后续中国电信、中国联通将通过动态频谱共享(DSS)方式,逐步将2.1 GHz演进至40/50 MHz大带宽NR。考虑到2021年前发布的终端2.1 GHz最大仅支持2×20 MHz带宽,后续演进至40/50 MHz大带宽的NR基站需通过BWP方式支持这一类早期的小带宽终端接入,此外随着FDD将承载低时延等物联网终端,更多小带宽、低成本、低功耗终端会陆续出现,同样需要通过BWP方式支持更广泛的终端及业务,相应的DL/UL BWP配置建议如下。

a) DL BWP配置(见图3):

n1 band带宽(60 MHz)	DL:2 110~2 170
小区带宽(50 MHz)	2 110~2 160
SSB(20RB)	2 135~2 140
初始BWP(48RB)	2 130~2 140
BWP1(20 MHz)	2 120~2 140
BWP2(30 MHz)	2 110~2 140
BWP3(40 MHz)	2 110~2 150
BWP4(50 MHz)	2 110~2 160

图3 n1下行BWP配置

(a) 小区SIB1中配置20RB。

(b) 初始BWP配置在专有BWP的交叠区,大小为CORESET0,保证所有专有BWP包含初始BWP(48RB)。

(c) 专有BWP配置兼容不同终端的能力,配置多个专有BWP(BWP1~BWP4)。

(d) 50 MHz带宽内最多可能包含4种能力的终端,对于20 MHz终端仅考虑一种专用BWP配置。

b) UL BWP配置(见图4):

(a) 初始BWP配置在专有BWP的交叠区,大小为

n1 band带宽(60 MHz)	DL:1 920~1 980
小区带宽(50 MHz)	1 920~1 970
初始BWP	1 920~1 940
BWP1(20 MHz)	1 920~1 940
BWP2(30 MHz)	1 920~1 950
BWP3(40 MHz)	1 920~1 960
BWP4(50 MHz)	1 920~1 970

图4 n1上行BWP配置

20 MHz,保证所有专有BWP包含初始BWP。

(b) 专有BWP配置兼容主流终端的能力,配置多个专有BWP(BWP1~BWP4)。

(c) 50 MHz带宽内最多可能包含4种能力的终端,对于20 MHz终端仅考虑一种专用BWP配置。

## 6 结束语

本文介绍了BWP的基本概念、BWP配置方法、BWP切换机制以及UE支持BWP情况。如本文所述,BWP具有实现更灵活的带宽支持、减少UE功耗、实现UE配置快速更改等优点,随着5G产业链的不断成熟,在实际网络中如何使用BWP对重耕低频5G发挥FDD NR优势至关重要,本文提出的配置建议可作为运营商后续部署参考。

### 参考文献:

- [1] 黄陈横. 3GPP 5G NR 物理层关键技术综述[J]. 移动通信, 2018, 42(10):5-12.
- [2] Study on new radio access technology: 3GPP TR 38.912 [S/OL]. [2021-05-10]. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [3] NR; Base Station (BS) radio transmission and reception: 3GPP TS 38.104[S/OL]. [2021-05-10]. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs>.
- [4] NR; Physical layer procedures for control: 3GPP TS 38.213[S/OL]. [2021-05-10]. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs>.

### 作者简介:

黄陈横,毕业于中国科学技术大学,工程师,硕士,主要从事移动网络咨询设计研究工作。

