

Interpretation of the Maximum Transmit Power of 5G Terminals

Shang Lei Chen Zheng

The State Radio-monitoring-center Testing Center, Beijing, 100041, China

【Abstract】 5g technology has developed rapidly in recent years, and began to be used in public mobile communication system. The transmission power of the equipment is one of the important indicators of detection. Excessive transmission power will cause interference to other channels or systems; Too small transmission power will reduce the coverage of the system. This paper is mainly based on the R17 version specification 3GPP 38.521-1 V17 According to the requirements of 3.0, analyze the test of the maximum output power of 5g terminal.

【Keywords】 5G; NR; Maximum Power; 3GPP

5G 终端最大发射功率解读

尚磊 郑晨

国家无线电监测中心检测中心, 中国·北京 100041

【摘要】 5G 技术近些年得到了飞速的发展, 并开始在公众移动通信系统中得到运用。设备的发射功率作为检测的重要指标之一。发射功率过大会对其他信道或系统产生干扰; 过小的发射功率会导致系统覆盖范围的减小。论文主要是根据 R17 版本规范 3GPP 38.521-1 V17.3.0 的要求, 对 5G 终端最大输出功率的测试进行分析。

【关键词】 5G; NR; 最大功率; 3GPP

DOI: 10.12349/iser.v3i3.757

1 引言

近些年 5G 逐渐进入公众的视野, 它具备着高速率、低时延、海量设备接入的优点, 在各行各业的方方面面有所体现。体现了 5G 技术应用场景的复杂化和多样化。也因上述介绍的可使海量设备接入与高速率的优点而对其频谱资源有了更深的要求。根据 3GPP 协议, 5G 相比于 LTE 引入多种带宽和 SCS(载波间隔)的概念, 使得测试协议很繁杂, 难以快速理解。针对这样一个复杂的射频信号进行测试更要依据标准, 按照规范进行测试。

功率大必将影响手机的续航及温度, 以及对其他信道或系统产生干扰; 过小的发射功率会导致系统覆盖范围的减小, 信号变差, 下载速率降低^[1]。

论文从 3GPP 规范切入, 结合 TS38.101、TS38.508-1 与 TS38.521-1 终端一致性系列规范, 并主要针对 FR1 频段, 最大发射功率这条测试例, TC 6.2.1 进行分析。

2 测试初始条件设置

3GPP 对于终端测试有非常详细的要求。初始测试配置包括环境条件、测试频率、测试信道带宽和规定的 NR 工作频段的子载波间隔。所有这些配置应以适用于测试信道带宽和子载波间隔的每种组合的测试参数进行测试。上行链路参考测量信道 (RMCs)

【作者简介】 尚磊 (1998-), 男, 中国北京人, 本科, 通信工程师, 从事研究 LTE、5G 等无线通信技术及电信运营商射频测试工作。

的细节在附件 Annexes A.2 中规定。测量前 PDSCH 和 PDCCH 的配置在附件 C.2 Annexes 中规定。

所以在第一部分先介绍在射频测试过程中, 初始条件设置的概念: UE Power Class (功率等级)、初始连接、建链过程等几方面。

2.1 UE Power Class (UE 功率等级)

UE 功率等级定义为 NR 载波的信道带宽内的任何传输带宽的最大输出功率, 除非另有说明。测量周期应至少为一个子帧 (1ms)。在 TS38.101-1 中, 对 FR1, 定义了 4 个功率等级, 以便有不同的最大输出功率满足不同的应用需求。

下图 1 为标准定义的 UE Power Class, Class 1、1.5、2、3 都有相对应的 band。标准规定, 除非另有说明。要不默认等级就是 Power Class 3。传输带宽限制在 FUL - low 和 FUL - low + 4 MHz 或 FU - Lhigh - 4 MHz 和 FUL - high 范围内, 通过降低 1.5dB 的公差下限来放宽最大输出功率要求。

由图 1 可知, 5G 终端的最大发射功率, 功率等级 2 可以到达 26dBm, 功率等级 3 为 23dBm。

如果 UE 支持与该频段的默认 UE 功率等级不同的功率等级, 并且支持的功率等级启用了比默认功率等级更高的最大输出功率, 则按照如下规则执行:

如果 UE 能力 max Uplink Duty Cycle^[2] 字段不存在, 并且在某个评估周期内发送的上行链路符号的百分比大于 50%(准确地评估周期不小于一个无线帧);

如果 UE 能力 max Uplink Duty Cycle 的字段不存

在,并且在特定评估周期中传输的上行链路符号的百分比大于 max Uplink Duty Cycle (准确地评估周期不小于一个无线电帧);

如果提供的是参数 P-Max,并将其设置为默认功率等级或更低的最大输出功率;应将默认功率等级的所有要求应用于支持的功率等级; max Uplink Duty Cycle 参数定义在 TS 38.331 中定义。

测试时,要将 UE 功率等级的所有要求都适用,按照规定设置配置发射功率。

对于最大发射功率定为 23dBm,是从 LTE 阶段就开始实行的。它是从多方面进行考虑,既要满足小区区间的窄带干扰影响小,又要保证在人体可接受的辐

射程度。从 SAR 方面来说, SAR 考虑的是近场辐射,不过可以通俗理解和产品的 EIRP (有效辐射功率)正相关,也就是产品功率越大, SAR 值也就越大,对人体的辐射越大。SAR 值在不同认证中要求测试值不同,如: CE 2W/KG FCC:1.6W/KG。

在 19 年 5G 商用前夕,HPUE(高功率用户设备)技术被许多手机厂商在他们的旗舰机型尝试使用,该技术可将手机最大发射功率提高到 27dBm,理论上可将上行覆盖距离提高 30%,有效改善 2.5G 小区覆盖范围,扩展 5G 信号及用户下载速度。该技术切实应用到移动终端则需要提高网络覆盖率的同时控制温升以及耗电等。

Table 6.2.1.3-1: UE Power Class

| NR band | Class 1 (dBm) | Tolerance (dB) | Class 1.5 (dBm) | Tolerance (dB) | Class 2 (dBm) | Tolerance (dB) | Class 3 (dBm) | Tolerance (dB) |
|---------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| n1 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n2 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n3 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n5 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n7 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n8 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n12 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n14 | 31 ^e | +2/-3 | | | | | 23 | ± 2 |
| n20 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n24 | | | | | | | 23 | +2/-3 ³ |
| n25 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n26 | | | | | | | 23 | ± 2 ³ |
| n28 | | | | | | | 23 | +2/-2.5 |
| n30 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n34 | | | | | 26 | +2/-3 | 23 | ± 2 |
| n38 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n39 | | | | | 26 | +2/-3 | 23 | ± 2 |
| n40 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n41 | | | 29 ^f | 2/-3 ³ | 26 | +2/-3 ³ | 23 | ± 2 ³ |
| n48 | | | | | | | 23 | +2/-3 |
| n50 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n51 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n53 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n65 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n66 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n70 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n71 | | | | | | | 23 | +2/-2.5 |
| n74 | | | | | | | 23 | ± 2 |
| n77 | | | 29 ^f | 2/-3 | 26 | +2/-3 | 23 | +2/-3 |
| n78 | | | 29 ^f | 2/-3 | 26 | +2/-3 | 23 | +2/-3 |
| n79 | | | 29 ^f | +2/-3 | 26 | +2/-3 | 23 | +2/-3 |

图 1 UE Power Class

RF-Parameters

The IE RF-Parameters is used to convey RF-related capabilities for NR operation.

RF-Parameters information element

```

-- ASN1START
-- TAG-RF-PARAMETERS-START

RF-Parameters ::= SEQUENCE (
    supportedBandListNR
    supportedBandCombinationList
    appliedFreqBandListFilter
    ...
    [
        supportedBandCombinationList-v1540
        srs-SwitchingTimeRequested
    ],
    [
        supportedBandCombinationList-v1550
        ...
    ]
    ...
    [
        maxUplinkDutyCycle-PC2-FR1
    ],
    [
        pucch-SpatialRelInfoMAC-CE
        powerBoosting-pi2BPSK
    ]
)
    
```

图 2 maxUplinkDutyCycle 取值定义

2.2 初始连接

测试最大功率,需要选择 DFT-s-OFDM PI/2 BPSK 和 DFT-s-OFDM QPSK 两种调制方式,并且分别在三种 RB 的配置下进行测试。并给了附加定义,

如:①将测试系统与测试设备的天线连接,见图 3、图 4 所示。②小区的参数设置^[3]是根据 TS 38.508-1 (5) 第 4.4.3 条建立的。

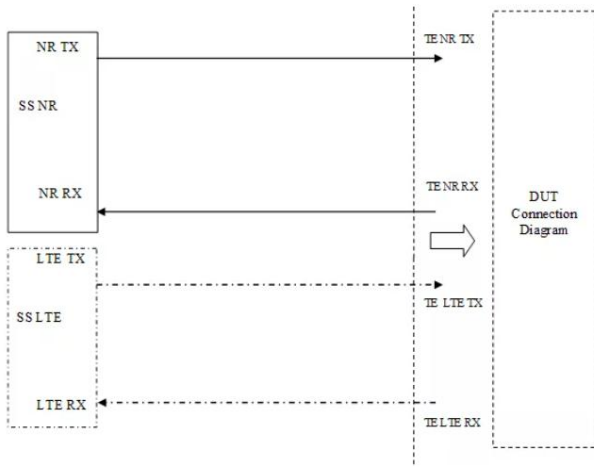


图 3 用于基本 RX 和 TX 测试的测试设备连接

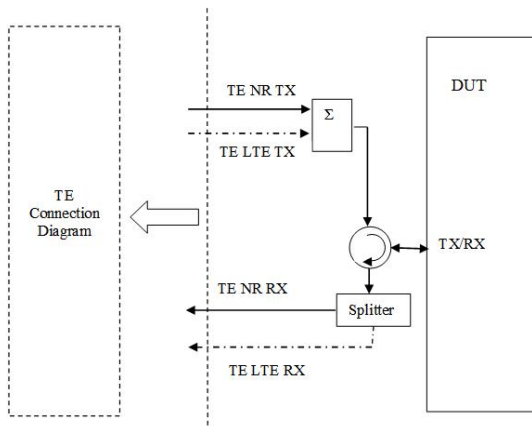


图 4 单个小区的用户设备连接

下行信号功率配置参考附录 C.0 C.1 C.2。RS EPRE 是 -85dBm，每个 RE 的功率，RE 在 OFDM 调制中是资源划分的最小单元，每个 RE 是对应一个子载波（频域）和一个 OFDM symbol（时域）。

然后是下行物理信道的配置：作为常见的 PDSCH 和 PDCCH 配置参数，FR1 NR 小区的连接设

置可以参照 TS38.508 附录中表 A.3.1-1, A.3.2.1-1, C.2-2, C.2-3 和 C.2-4。需设置各种信道的类型，时频域资源占用情况和占用位置，上下行时隙配置等信息。

上行链路信号功率由测试系统通过 RRC 消息 (IE-s) 进行配置如下：上行链路功率设置是在测试案例中指定的。否则，上行链路功率设置来自 TS 38.508 中描述的默认 RRC 消息，以及适当的 TPC-s，它们被发送到 UE，以便在测试期间维持呼叫所需的 UL 功率水平。

通用上行配置中的 RB 的配置在 OFDM 系统中始终非常基本和重要，下图 6 所标 2ULCA 上行配置的表格 common uplink 共 600 多种情况分类，所以截取部分表格进行解释。RB 具体分配的参数定义为：

2@0: @前面数字表示 RB 的长度 LCRB, @后面的数字表示 RB 的起始位置 RBstart;

DFT-s vs. CP: LTE 的上行链路使用了 DFT-S OFDM 调制，而在 5G NR 中除了下行链路支持 CP-OFDM，上行链路可以同时支持 DFT-s-OFDM 和 CP-OFDM 调制，这样做的目的是，可根据场景自适应切换以获得 DFT-s-OFDM 的链路预算优势和 CP-OFDM 的 MIMO 空间复用优势。也就是说 DFT-s 功率受限，但可以满足更大范围的要求，而 CP 更适合高吞吐量需求。

RB Allocation: 在 common 参数中 8 种情况分别命名为 Edge_Full_Left, Edge_Full_Right, Edge_1RB_Left, Edge_1RB_Right, Outer_Full, Inner_Full, Inner_1RB_Left, Inner_1RB_Right。如下图 5 所示，其他情况均好理解，对于 Inner_Full 的情况，还需要知道不同带宽下，不同 SCS 对应的最大可用 RB 数量，使用的 RB 数量约为总 RB 数量的一半。

Table 6.1A-1a: Common uplink configuration for intra-band contiguous 2UL CA (contiguous RB allocation)

| BW _{channel_CA} (MHz) | SCS for all CC (kHz) | Channel bandwidth combination (MHz) | OFDM | RB allocation (Inner Full) | | | RB allocation (Outer Full) | | |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| | | | | N _{RB,all} loc | CC1 LCRB1@RBs tart1 | CC2 LCRB2@RBStar t2 | N _{RB,all} loc | CC1 LCRB1@RBStar t1 | CC2 LCRB2@RB Star t2 |
| 20 | 15 | 5+15 | CP | 52 | 0@0 | 52@1 | 104 | 25@0 | 79@0 |
| | | | DFT-s | 50 | 0@0 | 50@0 | 100 | 25@0 | 75@0 |
| | | 10+10 | CP | 52 | 26@26 | 26@0 | 104 | 52@0 | 52@0 |
| | | | DFT-s | 50 | 25@27 | 25@0 | 100 | 50@2 | 50@0 |
| | | 15+5 | CP | 52 | 52@26 | 0@0 | 104 | 79@0 | 25@0 |
| | | | DFT-s | 50 | 50@29 | 0@0 | 100 | 75@4 | 25@0 |
| 25 | 15 | 5+20 | CP | 65 | 0@0 | 65@7 | 131 | 25@0 | 106@0 |
| | | | DFT-s | 64 | 0@0 | 64@7 | 125 | 25@0 | 100@0 |
| | | 10+15 | CP | 65 | 20@32 | 45@0 | 131 | 52@0 | 79@0 |
| | | | DFT-s | 65 | 20@32 | 45@0 | 125 | 50@2 | 75@0 |
| | | 15+10 | CP | 65 | 47@32 | 18@0 | 131 | 79@0 | 52@0 |
| | | | DFT-s | 65 | 45@34 | 20@0 | 125 | 75@4 | 50@0 |
| | 30 | 20+5 | CP | 65 | 65@32 | 0@0 | 131 | 106@0 | 25@0 |
| | | | DFT-s | 64 | 64@35 | 0@0 | 125 | 100@6 | 25@0 |
| | | 10+15 | CP | 60 | 9@15 | 21@0 | 124 | 24@0 | 38@0 |
| | | | DFT-s | 58 | 9@15 | 20@0 | 120 | 24@0 | 36@0 |

图 5 2UL CA 通用上行配置

关于带宽与频点的设置，在 38.508 中给出了定义，如图 6 所示。每个 NR band 针对不同的 SCS 都有独立的表格相对应。下图以 n1 频段，载波间隔为 60kHz 举例。CBW 为带宽，Range 为低中高信道，ARFCN 为对应频点。

2.3 建链过程

建链过程，对于终端是指终端产生的一切行为完全要在基站的控制和调配之下，比如对终端来说，基站发送的具体信令消息是十分重要的，它需要根据不同的信令类型，做出正确的反应建立正常的连接，再进行测试。对于 SS 系统模拟器来说，如上述，除了要能够正确分析 UE 的信令响应，还要为被测 UE 创造所需的测试环境，并有具备相应测试的能力。

然后再提系统消息中两个重要概念：主消息块 MIB (Master Information Block) 和系统消息块 SIB (System Information Block)，下方图 8 为标准中对

于小区参数设置的规定。

主消息块 (MIB: Master Information Block): 是 SI 的静态部分，包含天线数量、系统带宽、PHICH 配置、发射功率和 SIB 调度信息，以及 DL-SCH 上的其他数据。MIB 在 BBCH->PBCH 上传输。我们在上一篇中谈到，在 SA 模式中，UE 需要通过搜索 GSCN 来获取 SSB 的位置，完成下行同步，获得 PCI，就可以解调 MIB 进一步完成帧同步。

系统消息块 (SIB: System Information Block): 是 SI 的一个动态部分。它为 UE 携带相关信息，帮助 UE 访问小区，执行小区重选，与 INTRA-frequency、INTER-frequency 和 INTER-RAT 小区选择相关的信息。它被映射在 DL-SCH->PDSCH 上。用图 9 举例，该图为 NR-1~14 表示不同的测试用例场景，例如 NR-1 组合是默认组合，适用于 NR FDD/TDD 单小区方案，RRM 测试用例场景除外。

Table 4.3.1.1.1-3: Test frequencies for NR operating band n1 and SCS 60 kHz without CORESET#0

| CBW [MHz] | carrierBand width [PRBs] | Range | Carrier centre [MHz] | Carrier centre [ARFCN] | point A [MHz] | absolute FrequencyPoint A [ARFCN] | offsetTo Carrier [PRBs] | SS block SCS [kHz] | GSCN | absolute FrequencySSB [ARFCN] | |
|-----------|--------------------------|----------|----------------------|------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|------|-------------------------------|--------|
| 10 | 11 | Downlink | Low | 2115 | 423000 | 2111.04 | 422208 | 0 | 15 | - | 422568 |
| | | | Mid | 2140 | 428000 | 2062.6 | 412520 | 102 | - | 427568 | |
| | | | High | 2165 | 433000 | 1798.16 | 359632 | 504 | - | 432568 | |
| | | Uplink | Low | 1925 | 385000 | 1921.04 | 384208 | 0 | - | - | |
| | | | Mid | 1950 | 390000 | 1583.16 | 316632 | 504 | - | - | |
| | | | High | 1975 | 395000 | 1966.72 | 393344 | 6 | - | - | |
| 15 | 18 | Downlink | Low | 2117.5 | 423500 | 2111.02 | 422204 | 0 | 15 | - | 422564 |
| | | | Mid | 2140 | 428000 | 2060.08 | 412016 | 102 | - | 427064 | |
| | | | High | 2162.5 | 432500 | 1793.14 | 358628 | 504 | - | 431564 | |
| | | Uplink | Low | 1927.5 | 385500 | 1921.02 | 384204 | 0 | - | - | |
| | | | Mid | 1950 | 390000 | 1580.64 | 316128 | 504 | - | - | |
| | | | High | 1972.5 | 394500 | 1961.7 | 392340 | 6 | - | - | |
| 20 | 24 | Downlink | Low | 2120 | 424000 | 2111.36 | 422272 | 0 | 15 | - | 422632 |
| | | | Mid | 2140 | 428000 | 2057.92 | 411584 | 102 | - | 426632 | |
| | | | High | 2160 | 432000 | 1788.48 | 357696 | 504 | - | 430632 | |
| | | Uplink | Low | 1930 | 386000 | 1921.36 | 384272 | 0 | - | - | |
| | | | Mid | 1950 | 390000 | 1578.48 | 315696 | 504 | - | - | |
| | | | High | 1970 | 394000 | 1957.04 | 391408 | 6 | - | - | |
| 25 | 31 | Downlink | Low | 2122.5 | 424500 | 2111.34 | 422268 | 0 | 15 | - | 422628 |
| | | | Mid | 2140 | 428000 | 2055.4 | 411080 | 102 | - | 426128 | |
| | | | High | 2157.5 | 431500 | 1783.46 | 356692 | 504 | - | 429628 | |
| | | Uplink | Low | 1932.5 | 386500 | 1921.34 | 384268 | 0 | - | - | |
| | | | Mid | 1950 | 390000 | 1575.96 | 315192 | 504 | - | - | |
| | | | High | 1967.5 | 393500 | 1952.02 | 390404 | 6 | - | - | |

图 6 n1 频段，载波间隔为 60kHz 部分频点图

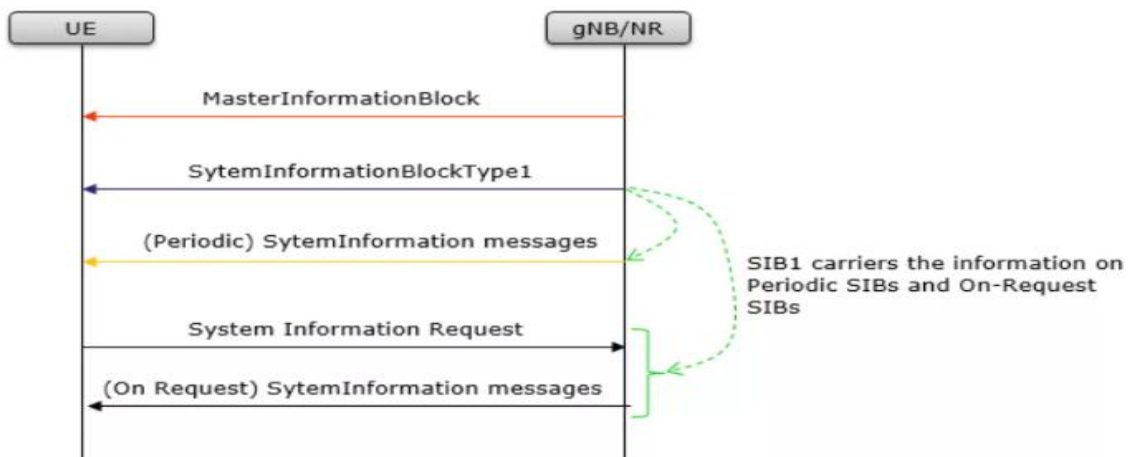


图 7 建链过程

Table 4.4.3.1.3-1: Scheduling for combination NR-2

| Scheduling Information No. | Periodicity [radio frames] | Mapping of system information blocks |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 32 | SIB2 |

Table 4.4.3.1.3-2: Scheduling for combination NR-3

| Scheduling Information No. | Periodicity [radio frames] | Mapping of system information blocks |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 32 | SIB2 |
| 2 | 64 | SIB3 |

Table 4.4.3.1.3-3: Scheduling for combination NR-4

| Scheduling Information No. | Periodicity [radio frames] | Mapping of system information blocks |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 32 | SIB2 |
| 2 | 64 | SIB4 |

Table 4.4.3.1.3-4: Scheduling for combination NR-5

| Scheduling Information No. | Periodicity [radio frames] | Mapping of system information blocks |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 32 | SIB2 |
| 2 | 64 | SIB3 |
| 3 | 64 | SIB4 |

图8 小区参数设置

Table 4.4.3.1.2-1: Combinations of system information blocks

| Combination No. | System information block type | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | SIB1 | SIB2 | SIB3 | SIB4 | SIB5 | SIB6 | SIB7 | SIB8 | SIB9 | SIB10 | SIB11 | SIB12 | SIB13 | SIB14 |
| NR-1 | X | | | | | | | | | | | | | |
| NR-2 | X | X | | | | | | | | | | | | |
| NR-3 | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| NR-4 | X | X | | X | | | | | | | | | | |
| NR-5 | X | X | X | X | | | | | | | | | | |
| NR-6 | X | X | | | X | | | | | | | | | |
| NR-7 | X | X | | X | X | | | | | | | | | |
| NR-8 | X | | | | | X | X | | | | | | | |
| NR-9 | X | | | | | | | X | | | | | | |
| NR-10 | X | | | | | X | | | | | | | | |
| NR-11 | X | | | | | | X | | | | | | | |
| NR-12 | X | | | | | | | | | | X | | | |
| NR-13 | X | X | | | | | | | | X | | | | |
| NR-14 | X | X | | X | | | | | | | | X | | |

图9 各小区测试用例场景

3 测试过程说明

整个 case 测试的具体流程步骤如下:

- (1) SS 通过 PDCCH DCI 格式 0_1 为 C_RNTI 发送每个 UL HARQ 进程的上行调度信息; 根据图 10-表 6.2.1.4.1-1 调度 UL RMC;
- (2) 由于 UE 没有有效载荷, 没有回环数据要发送, UE 在 UL RMC 上发送上行 MAC 填充位; 在每个上行链路调度信息中连续向 UE 发送上行链路功率控制“up”命令; 从该步骤中的第一个 TPC 命令开始, 允许 UE 至少有 200ms 的时间达到 PUMAX;
- (3) 测量 UE 在无线接入模式的信道带宽中的平均功率; 测量周期应至少是一个有效子帧 (1ms) 的连续时间; 并且是在上行链路符号中, 对于有瞬态周期的 TDD 符号不在测试之列;
- (4) 对于支持功率等级 2 或功率等级 1 或功率等级 1.5 的 UE, 在适用的频段上重复以上步骤。但图 11-表 6.2.1.4.3-2 中定义的 P-Max 除外。

- (5) 对于支持功率等级 1.5 的 UE, 在适用的频段上重复以上步骤。但图 11-表 6.2.1.4.3-3 中定义的 P-Max 除外。

4 测试要求

在 TS 38.101-1 clause 6.2.1 中有介绍最大输出功率的最低测试要求, 其与 TS38.521-1 6.2.1.5 要求的测试要求定义有所区别, 以 UE Power Class 3 的表格举例, 将图 1 与下图 12, 进行对比发现, 区别只在于 Tolerance (公差) 一列。

TS 38.521-1 中增加了试验公差 Test Tolerance 的概念。取值如图 13。

TS 38.101-1[2]中给出的最低要求不考虑测量不确定度 (MU)。TS38.521-1[2]定义了试验公差 (TT) 和测量不确定度。这些试验公差是为每次试验单独定义的。试验公差用于放宽最低要求, 以创建试验要求。

对于 UE 的最大输出功率, 不确定度的取值如下:

| |
|---|
| $f \leq 3.0\text{GHz}$: $\pm 0.7\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 40\text{MHz}$; $\pm 1.4\text{ dB}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$; |
| $3.0\text{GHz} < f \leq 4.2\text{GHz}$: $\pm 1.0\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 40\text{MHz}$, $\pm 1.6\text{ dB}$, $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$; |
| $4.2\text{GHz} < f \leq 6.0\text{GHz}$: $\pm 1.3\text{ dB}$, $\text{BW} \leq 20\text{MHz}$, $\pm 1.5\text{ dB}$, $20\text{MHz} < \text{BW} \leq 40\text{MHz}$, 1.6 dB , $40\text{MHz} < \text{BW} \leq 100\text{MHz}$ |

由此与上方所示的 TT 进行对比，可以得出 FR1 的不确定度是大于或等于试验公差结论。

5 测试实现

5G NR 终端最大输出功率测试的实现，可以选择 5G 综合测试仪或者频谱分析仪来进行。目前，国际主流的 5G 综合测试仪厂商有 Keysight（是德）、安立、星河亮点和大唐等。

在选用综测仪进行 5G NR 终端最大输出功率测试时，需要对上行参考测量信道、RB、功率、频点、带宽、TPC、载波间隔等进行设置。

考虑 5G NR 终端信号带宽最大可达到 100MHz，频谱分析仪的分析带宽应大于等于 100MHz；在测试时，需将 UE State 中的 TPC 设置为 Max，在每个上行链路调度信息中连续向 UE 发送上行链路功率控制“up”命令，从该步骤中的第一个 TPC 命令开始，允许 UE 至少有 200ms 的时间达到 PUMAX。

如果仅选择用综测仪单表来进行测试，可按照图 14 进行测试链路的连接。

按照上述过程进行测试,通过使用 SP9500，在常温，n41 频段，中信道，60MHz 带宽，30kHz 载波间隔的条件下，将搭载手机芯片厂商 A、B 的样机，

| | | |
|----------|----------------|----------------|
| 芯片品牌 | A | B |
| 功率 (dBm) | 24.871, 21.868 | 25.863, 22.764 |

对比测试，得出以下结果：

在上述条件下，A 厂商的功率优于 B 厂商。

Table 6.2.1.4.1-1: Test Configuration Table

| Initial Conditions | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|
| Test Environment as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.1 | | Normal, TL/VL, TL/MH, TH/VL, TH/VH | |
| Test Frequencies as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.3.1 | | Low range, Mid range, High range | |
| Test Channel Bandwidths as specified in TS 38.508-1 [5] subclause 4.3.1 | | Lowest, Mid, Highest (NOTE 3) | |
| Test SCS as specified in Table 5.3.5-1 | | Lowest, Highest | |
| Test Parameters | | | |
| Test ID | Downlink Configuration | Uplink Configuration | |
| | N/A for maximum output power test case | Modulation (NOTE 2) | RB allocation (NOTE 1) |
| 1 | | DFT-s-OFDM PI/2 BPSK | Inner Full |
| 2 | | DFT-s-OFDM PI/2 BPSK | Inner 1RB Left |
| 3 | | DFT-s-OFDM PI/2 BPSK | Inner 1RB Right |
| 4 | | DFT-s-OFDM QPSK | Inner Full |
| 5 | | DFT-s-OFDM QPSK | Inner 1RB Left |
| 6 | | DFT-s-OFDM QPSK | Inner 1RB Right |
| NOTE 1: The specific configuration of each RB allocation is defined in Table 6.1-1. | | | |
| NOTE 2: DFT-s-OFDM PI/2 BPSK test applies only for UEs which supports half Pi BPSK in FR1. | | | |
| NOTE 3: For band n28, the Highest test channel bandwidth is replaced by 20MHz due to MPR is always larger than 0dB for 30MHz bandwidth. | | | |

图 10 测试配置

Table 6.2.1.4.3-2: P-Max (Step 4)

| Derivation Path: TS 38.508-1 [5], Table 4.6.3-89 | | | |
|--|--------------|---------|------------------------------|
| Information Element | Value/remark | Comment | Condition |
| P-Max | 23 | | PC2 UE or PC1.5 UE or PC1 UE |

Table 6.2.1.4.3-3: P-Max (Step 5)

| Derivation Path: TS 38.508-1 [5], Table 4.6.3-89 | | | |
|--|--------------|---------|-----------|
| Information Element | Value/remark | Comment | Condition |
| P-Max | 26 | | PC1.5 UE |

图 11 P-Max

Table 6.2.1.5-1: Maximum Output Power test requirement for Power Class 3

| NR band | Class 1 (dBm) | Tolerance (dB) | Class 2 (dBm) | Tolerance (dB) | Class 3 (dBm) | Tolerance (dB) |
|---------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|
| n1 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n2 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n3 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n5 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n7 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n8 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n12 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n14 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n20 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n24 | | | | | 23 | $+2 + TT / -3.0^3 - TT$ |
| n25 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n26 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |
| n28 | | | | | 23 | $+2 + TT / -2.5 - TT$ |
| n30 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n34 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n38 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n39 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n40 | | | | | 23 | $\pm 2 \pm TT$ |
| n41 | | | | | 23 | $\pm 2^3 \pm TT$ |

图 12 最低测试要求

Table 6.2.1.5-3: Test Tolerance (UE maximum output power)

| | $f \leq 3.0\text{GHz}$ | $3.0\text{GHz} < f \leq 4.2\text{GHz}$ | $4.2\text{GHz} < f \leq 6.0\text{GHz}$ |
|--|------------------------|--|--|
| $BW \leq 40\text{MHz}$ | 0.7 dB | 1.0 dB | 1.0 dB |
| $40\text{MHz} < BW \leq 100\text{MHz}$ | 1.0 dB | 1.0 dB | 1.0 dB |

图 13 试验公差



图 14 单表连接方式

6 结语

论文首先通过介绍测试时涉及的,需要设置的初始条件的 UE Power Class 及通用上行配置及 RB 资源块具体含义。再对 TC 6.2.1 最大发射功率的测试实现方法、测试要求、测试流程进行详细说明。功率测试是射频测试中的基础项,但也是关键项。我们作为测试人员,要从基础把握测试方法,严格遵守测试规范,学好标准及技术,对自己、对知识、对工作负责。

参考文献

- [1] 3GPP TS 38.101-1 V17.4.0 3rd Generation Partnership Project;NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone; 2022-01[S]
- [2] 3GPP TS 38.331 V16.7.0 3rd Generation Partnership Project;NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification 2021-12[S]
- [3] 许巧春.LTE 终端最大输出功率测试要求[J].数字通信世界,2013(02):77-78.