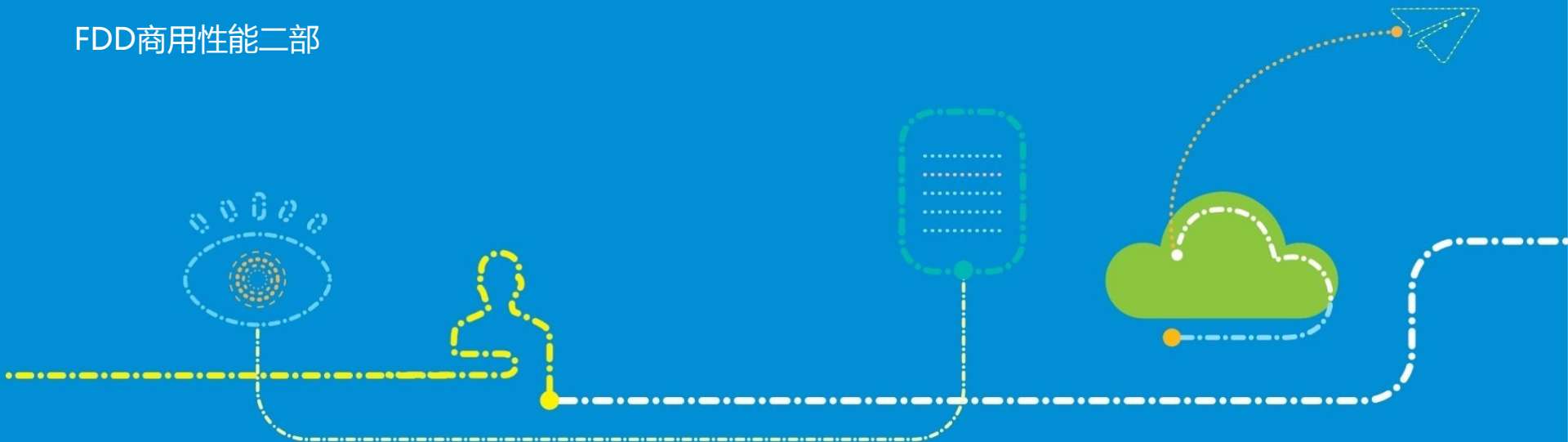


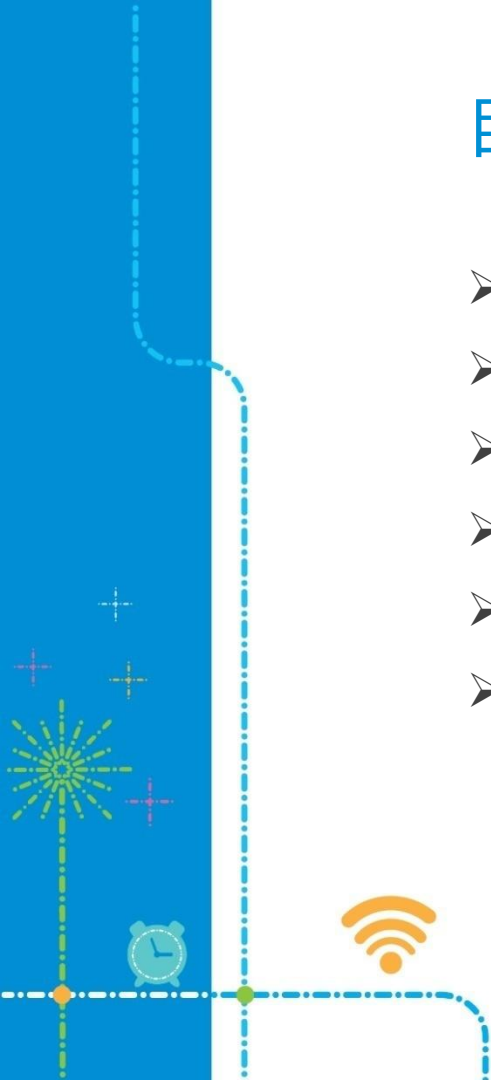
NB-IOT MAC层流程简介

FDD商用性能二部



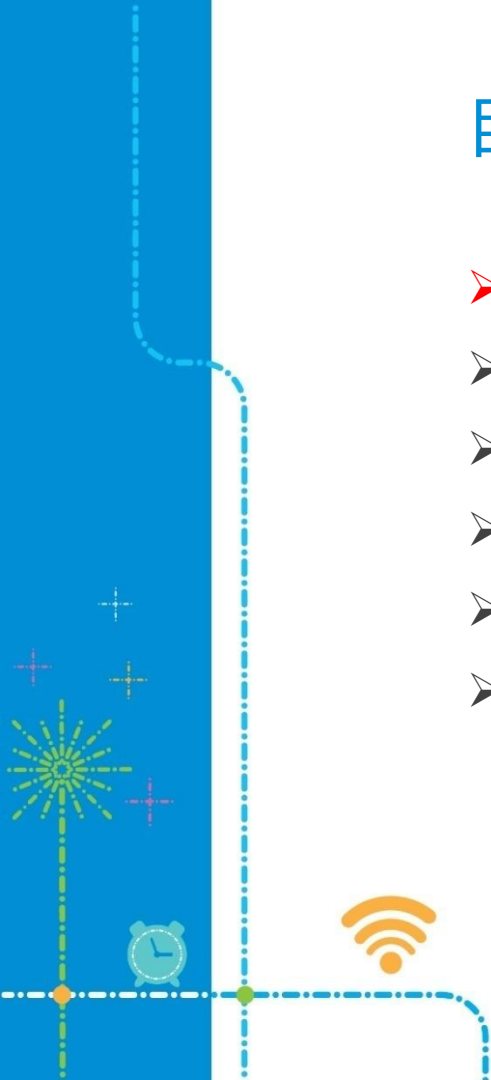
目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



目录

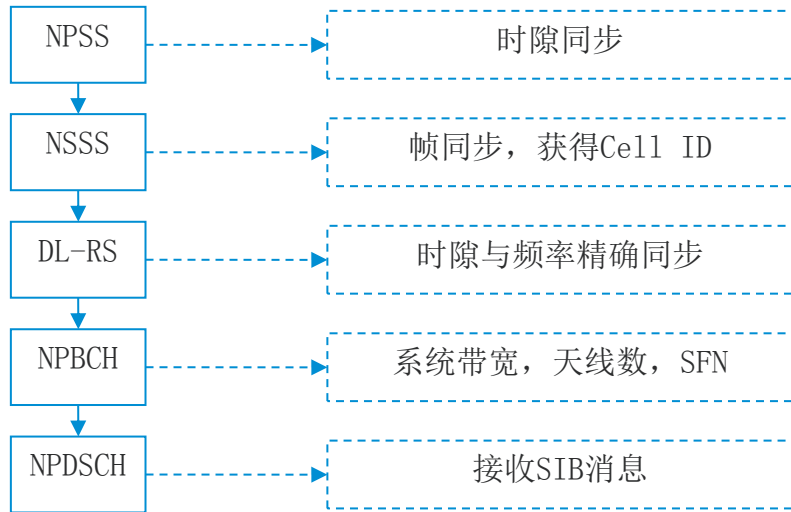
- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



小区搜索过程

小区搜索的主要目的：

- 与小区取得频率和符号同步（下行同步）
- 获取系统帧定时
- 确定小区的PCI



UE不仅需要在开机时进行小区搜索，为了支持移动性，UE会不停地搜索邻居小区、取得同步并估计该小区信号的接收质量，从而决定是否进行小区重选（NIoT不支持切换）。

小区搜索过程见协议36.213。

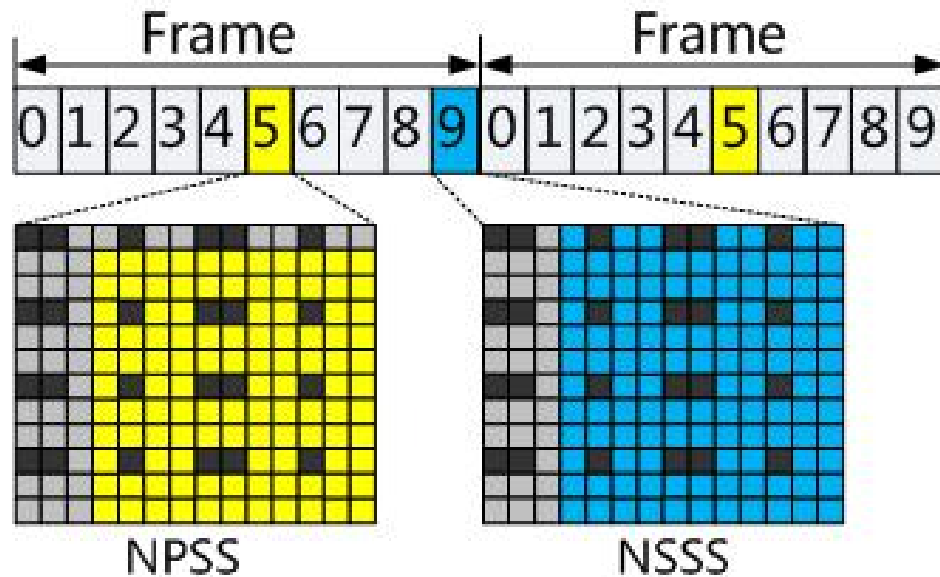
NPSS & NSSS

NPSS占用每一帧的子帧5；

NSSS占用偶数帧的子帧9；

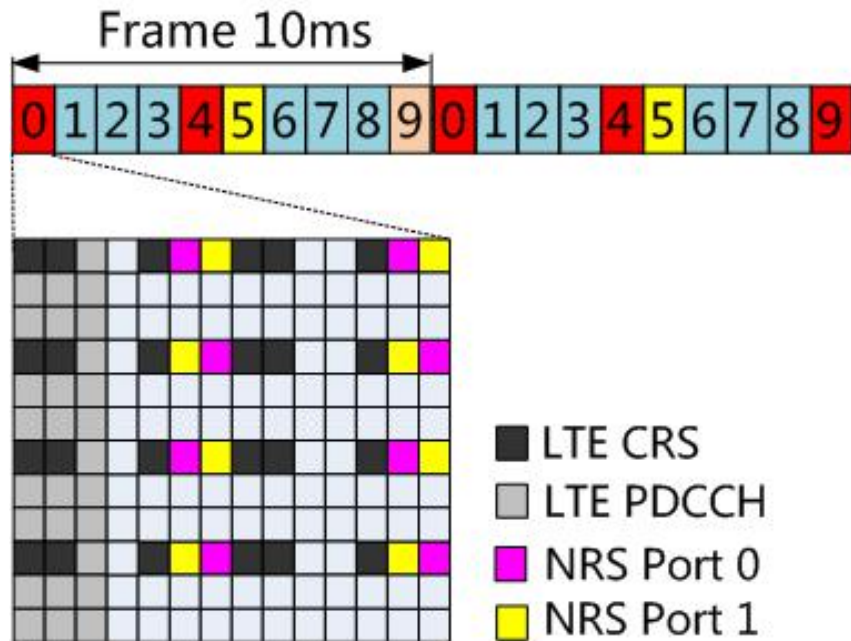
In-band 模式下 NB-IoT PSS/SSS根据
LTE天线端口数来避开LTE CRS

Stand-alone 和Guard band模式下无
需避开LTE CRS

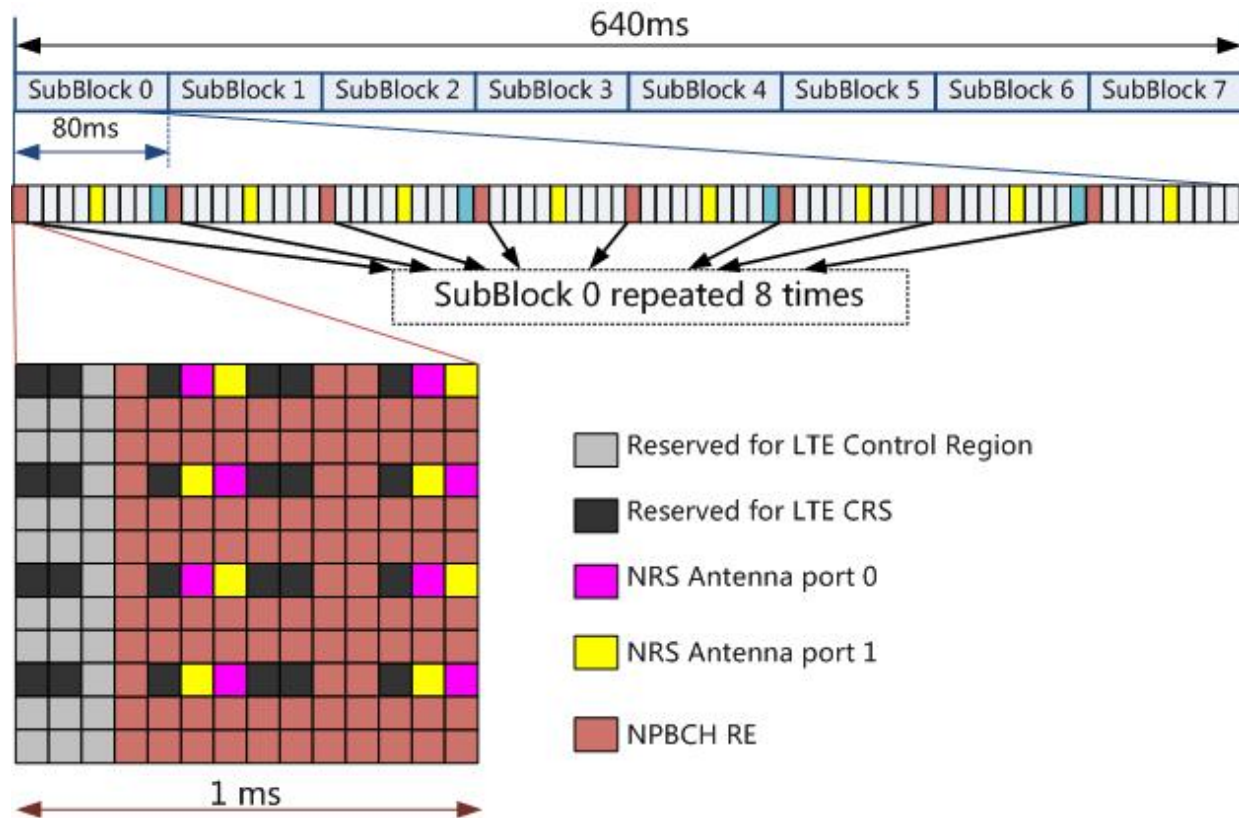


NRS

- NRS用于物理下行信道解调，RSRP/RSRQ测量。
- 支持1或者2天线端口，映射到Slot的最后两个OFDM符号
- #0，#4，#9（非NSSS）以及其它需要解调信道（PBCH/SIB1-NB PDSCH/NPDSCH/NPDCCH的子帧

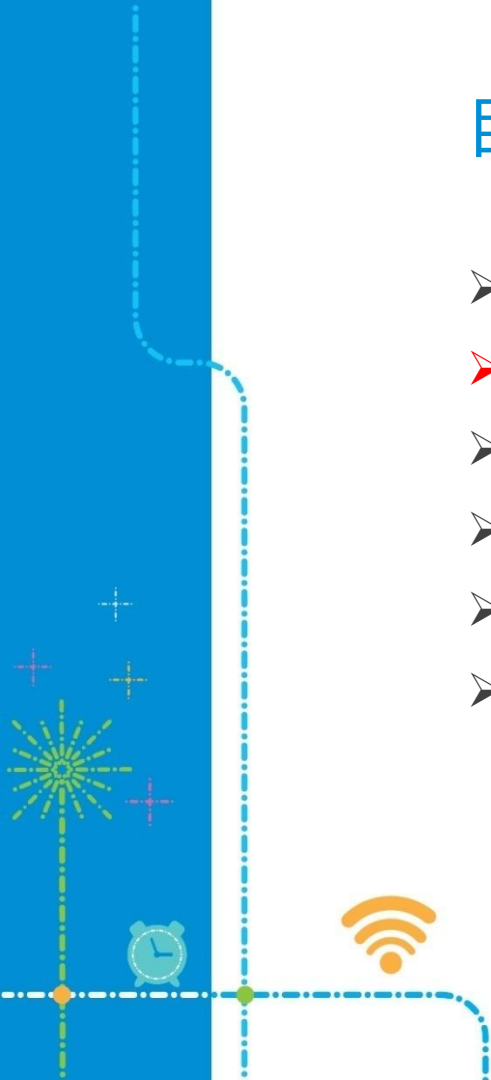


PBCCH



目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



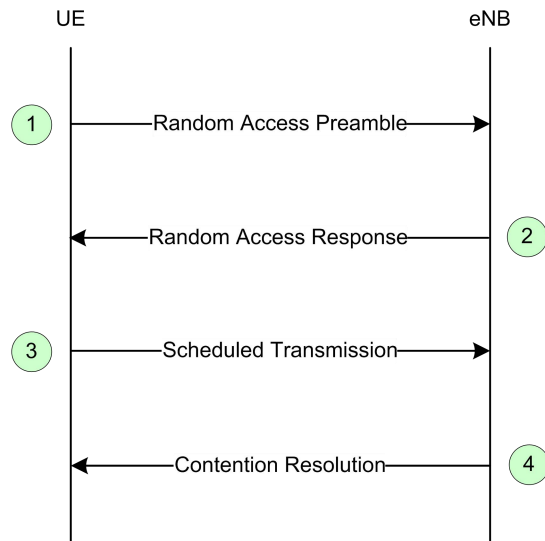
随机接入流程

- 在Rel-13版本中，NB-IOT系统不支持切换和载波聚合，也不支持UE上报测量的定位，NB-IOT系统中需要使用随机接入过程的场景
- Rel-13版本中，全部采用基于竞争的随机接入方式

随机接入场景	CP solution	UP solution	触发源
在RRC_IDLE状态下初始接入	Y	Y	UE RRC
RRC重建	N	Y	UE RRC
RRC恢复	N	Y	UE RRC
上行数据到达（上行失步或者调度请求）	Y	Y	UE MAC
下行数据到达（上行失步）	Y	Y	PDCCH order（eNB 下发）

随机接入流程

NB-IOT的基于竞争的随机接入流程与传统LTE流程一致，包含4步



基于竞争的随机接入Type1-MSG1

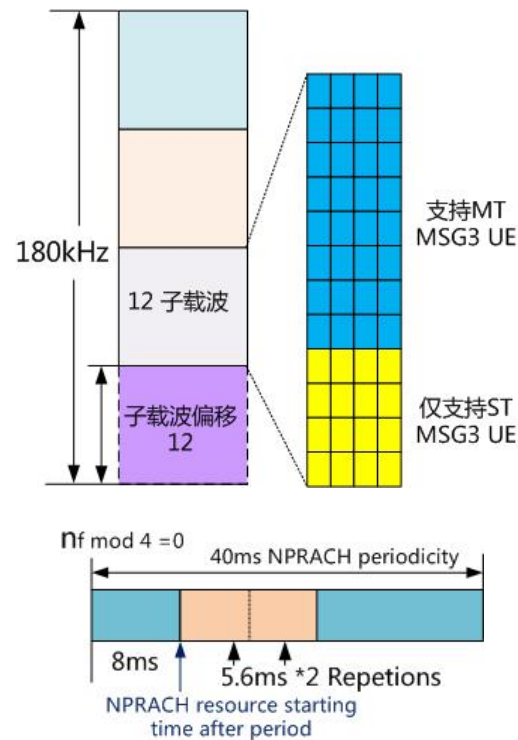
Msg1，是UE选择发送preamble码字的NPRACH时频资源，确定发射功率，向eNB发送preamble码字。

在LTE系统的Msg1过程中，终端需要选择Preamble码字，并选择PRACH时频物理来发送Preamble码。而在NB-IOT系统中，NPRACH仅通过时频资源进行区分，不再支持码分。NB-IOT的NPRACH采用3.75K的子载波间隔，为single-tone模式，并默认跳频。

基于竞争的随机接入Type1-MSG1

NPRACH参数：

RSRP-Range *：	29;39
NPRACH number, 1~3 *：	1
nprach-Periodicity-r13 (ms) *：	320[4];320[4];1280[6]
nprach-StartTime-r13 (ms) *：	16[1];32[2];128[4]
nprach-SubcarrierOffset-r13 *：	n0[0];n0[0];n0[0]
nprach-NumSubcarriers-r13 *：	n24[1];n24[1];n12[0]
nprach-SubcarrierMSG3-RangeStart-r13 *：	twoThird[2];oneThird[1];one[3]



基于竞争的随机接入Type1-MSG1

NPRACH资源选择：

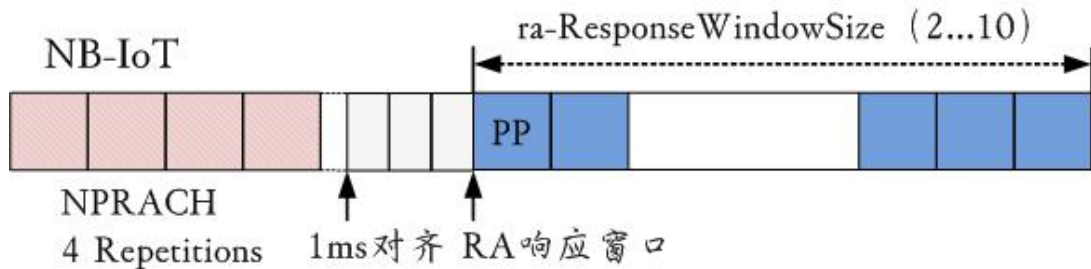
在NB-IOT中，NPRACH配置相应的repetitions。NPRACH的repetitions支持{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}，eNB最多可以配置其中3个Repetition times，用来支持最多3种CELs（CEL编号为0、1、2，CEL0为最近的覆盖等级）。即NPRACH的时频资源是与CEL相关的。不同CEL的RSRP门限通过广播下发，终端根据RSRP门限来确定自己的CEL，从而选择相应的NPRACH资源发起随机接入。

NB-IOT系统的上行支持single-tone和multi-tone两种方式（即单频点和多频点），两种方式的NPRACH资源不同，因此终端还需根据其是否支持multi-tone选择相应的NPRACH资源来发起随机接入。换言之，PRACH资源的选择结果就能反映该终端是否支持multi-tone。

基于竞争的随机接入Type1-MSG1

RAR响应窗口：

- Preamble重复的最后子帧在加3子帧开始
- 随机接入响应窗口单位是PDCCH周期



基于竞争的随机接入Type1-MSG1

RAR超时处理：

终端发送Msg1后没有收到自己的RAR响应消息，会再次在该CEL上发起随机接入。在该CEL上发起的随机接入次数达到一定值后，终端将尝试在高一级CEL上发起随机接入。在各个CEL上尝试的次数总数有门限控制。也就是说，同一CEL上发起的随机接入次数有以上限，所有CELs上总的随机接入次数有一上限。

如果没有收到RAR或者该RAR与自己的NPRACH不相符，则重新发起的NPRACH与RAR结束之间的定时间隔应不小于12ms；

CRT超时处理：

如果Msg4的竞争解决失败，那么在该CEL上再次发起随机接入，在该CEL上可以尝试的最大随机接入次数为所有CELs总的随机接入次门限。如果UE位于CEL0，该CEL上的随机接入次数计数用于NPRACH的power ramping计算。

基于竞争的随机接入Type1-MSG2

eNB在收到Msg1后在特定的时间窗内发送RAR (Msg2)。发送窗大小与覆盖相关，由SIB指示，大小为{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10}*PDCCH搜索空间周期的倍数，但最大不能超过10.24s。发送窗的起始位置定义如下：

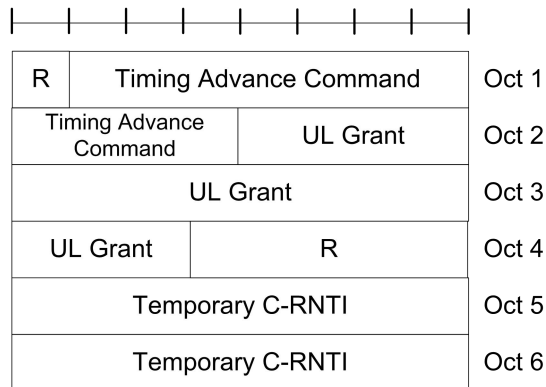
- PRACH结束后不需要插入UL GAP时，PRACH结束子帧与发送窗起始子帧之间应间隔3ms；
- 如果NPRACH传输完成后正好需要插入一个UP GAP，那么应该在UL GAP结束之后开始RAR窗。

NB-IOT的Msg2支持基于NPDCCH调度的RAR传输，NPDCCH由RA-RNTI加扰，在type2 CSS中下发。在Msg2的调度DCI中指示Msg2的repetitions times。

基于竞争的随机接入Type1-MSG2

Msg2的RAR内容包含：TA调整量，Temp C-RNTI，Msg3的UL grant（包括传输initial Msg3的PUSCH的repetitions times）。

Msg2的RAR对应的RA-RNTI计算为： $RA-RNTI = 1 + \text{floor}(SFN/4)$ （SFN是NPRACH起始子帧所在的无线帧号）。MAC PDU中的RAPID指示NPRACH频域subcarrier ID信息。一个Msg2中可以包含多个时间相同而频域不同的NPRACH的RAR相应结果，以提高接入能力。



基于竞争的随机接入Type1-MSG2

Msg2的UL GRANT内容包含：

- 上行子载波间隔：3.75KHz or 15KHz
- 上行频域信息：同DCI N0中的UL grant
- MCS/TBS：TBS=88bit，用3 bit来表示MCS
 - 000：pi/2 BPSK for ST and QPSK for MT, N_{RU}=4
 - 001：pi/4 QPSK for ST and QPSK for MT, N_{RU}=3
 - 010：pi/4 QPSK for ST and QPSK for MT, N_{RU}=1
 - Others are reserved
- 调度时延： k_0 取值范围为{12, 16, 32, 64}
- Msg3的重复次数：取值范围同DCI N0中的repetition number

Field	
UL subcarrier spacing	1
Subcarrier indication	6
MCS/TBS	3
Scheduling delay (RAR to Msg3)	2
Msg3 repetition number	3
Total number of bits	15(+5 padding)

基于竞争的随机接入Type1-MSG3

Msg3中携带CCCH信令和DVI/PHR，Msg3承载的PUSCH的扰码由Temp C-RNTI生成。Msg3中携带CCCH根据场景不同而不同：

- 初始接入：*RRCCoordinateRequest*
- RRC重建：*RRCCoordinateReestablishmentRequest*
- RRC恢复：*RRCCoordinateResumeRequest*

基于竞争的随机接入Type1-MSG3

Msg3资源：

终端收到Msg2后，在Msg2授权的NPUSCH资源上发送Msg3。Msg2消息传输结束到Msg3消息传输开始的时间间隔需要 $\geq 12\text{ms}$ 。NB-IOT的Msg3是可以支持multi-tone或者single-tone传输的，UE通过选择的NPRACH Resource隐含指示其是否支持multi-tone。但当NPRACH的重复次数为{32, 64, 128}时，Msg3不支持multi-tone。

指示Msg3重传的NPDCCH的搜索空间与Msg2对应的NPDCCH的搜索空间相同，即指示Msg3首次传输资源和Msg3重传资源的NPDCCH的搜索空间相同。传输initial Msg3的PUSCH的repetitions times在MAC RAR (Msg2) 的UL grant中指示。Msg3重传的repetitions times在对应的NPDCCH DCI中指示。

基于竞争的随机接入Type1-MSG3

Msg3内容：

不论是CP模式还是UP模式，Msg3的大小都是88bit。

Msg3会用4bit来上报Data volume（DVI，含义类似BSR），用于后续上行调度的资源计算。Data volume包括用户数据（含SMS）、通过用户面或者控制面传输的NAS信令。Msg3中还会用2bit来上报PHR。

Msg3可以包含RRC消息和MAC CE；在NB-IoT中msg3中的DVI/PHR（简称为DPR）是MAC CE，但没有独立的LCID，msg3中的DPR和CCCH公共一个UL SCH LCID（00000）。

Msg3重传的PDCCH使用Temp C-RNTI加扰，在Type2 CSS中下发。

基于竞争的随机接入Type1-MSG4

Msg4中包含CCCH信令和竞争解决MAC CE (UE Contention Resolution Identity MAC Control Element)。Msg4包含的CCCH信令根据场景不同而不同：

- 初始接入：*RRCCConnection*
- RRC重建：*RRCCConnectionReestablishment*
- RRC恢复：*RRCCConnectionResume*

基于竞争的随机接入Type1-MSG4

Msg4对应的NPDCCH 的搜索空间与Msg2对应的NPDCCH的搜索空间相同，都是CSS搜索空间，其由Temp C-RNTI加扰。Msg4的调度 DCI中指示Msg4的 repetitions times。

Msg4中携带竞争解决ID（竞争解决ID为Msg3中CCCH SDU的前48 first）。UE在发送Msg3之后即启动竞争解决定时器。竞争解决定时器大小由SIB指示，大小为{1, 2, 3, 4, 8, 16, 32, 64}*PDCCH搜索空间周期，但最大不能超过10.24s。

如果竞争解决定时器超时，或者Msg4中的竞争解决ID不是自己的，那么竞争解决失败。如果竞争解决成功，那么Temp C-RNTI成为C-RNTI。

基于竞争的随机接入Type2

基于竞争的随机接入过程，包括上行数据到达和PDCCH order触发的随机接入：

- 上行数据到达：随机接入过程由UE的MAC层发起。UE有上行业务需求而没有上行资源时，通过带C-RNTI的随机接入过程来申请上行资源（Rel-13的NB-IOT系统不支持SR上报）。
- PDCCH order触发：下行数据达到而上行失步时的随机接入过程，由eNB下发的PDCCH order发起。PDCCH order在UE的USS空间中下发。PDCCH order的DCI中指示了UE初始发起随机接入的覆盖等级、UE使用的subcarrier ID。

基于竞争的随机接入Type2-MSG0

Msg0仅针对PDCCH order发起的随机接入过程。eNB下发PDCCH order，可以指示UE使用的NPRACH subcarrier ID，同时指示UE从PDCCH order指示的覆盖等级开始发起随机接入。如果PDCCH order指示的subcarrier ID=0，即表示由UE随机选择NPRACH子载波。

基于竞争的随机接入Type2-MSG1

对于上行数据达到的随机接入过程，UE的处理同Type类型的随机接入。

对于PDCCH order触发的随机接入过程，如果PDCCH order指示的subcarrier ID=0，则UE从PDCCH order指定的覆盖等级开始，按照Type1的方式选择PRACH资源发送preamble码字；如果PDCCH order指示的subcarrier ID不为0，则UE从PDCCH order指定的覆盖等级开始，在所在覆盖等级上根据 $nprach\text{-}SubcarrierOffset + (ra\text{-}PreambleIndex \bmod nprach\text{-}NumSubcarriers)$ 确定NPRACH的子载波来发送preamble码字，其中， $nprach\text{-}SubcarrierOffset$ 为所在覆盖等级的NPRACH资源起始子载波， $ra\text{-}PreambleIndex$ 为PDCCH order指示的subcarrier ID， $nprach\text{-}NumSubcarriers$ 为所在覆盖等级的NPRACH子载波个数。PDCCH order触发的随机接入过程中，Msg1开始与Msg0结束之间的定时间隔应不小于8ms。

基于竞争的随机接入Type2-MSG2

Type2类型的随机接入MSG2与Type1类型相同

基于竞争的随机接入Type2-MSG3

UE在Msg3中携带含已经分配的C-RNTI的MAC CE，剩余资源可用于上行数据传输、上报shortBSR（如果有BSR）。Msg3重传的PDCCH使用Temp C-RNTI加扰，在Type2 CSS中下发。

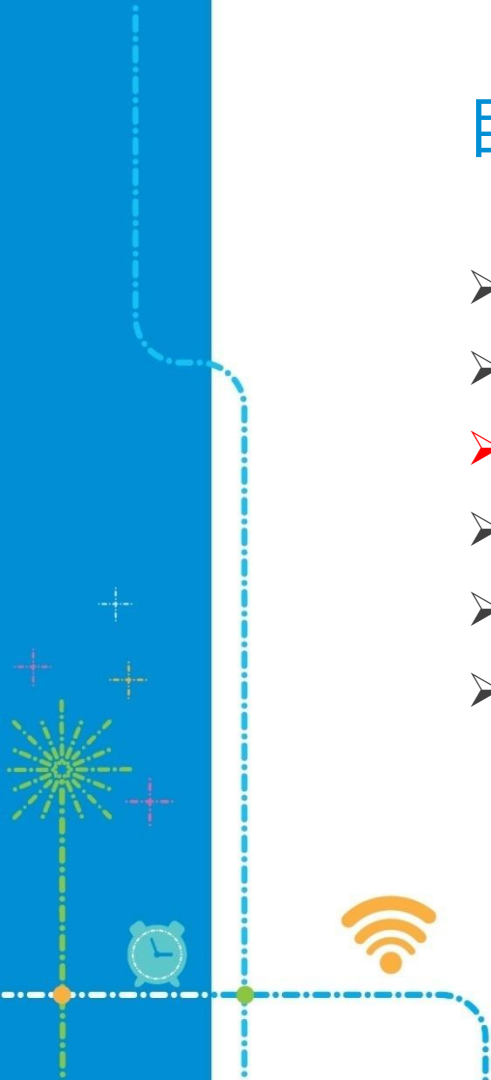
基于竞争的随机接入Type2-竞争解决

Msg3之后即可用于正常的数据调度。其PDCCH用Msg3中的C-RNTI加扰，在Type2 CSS空间中下发，可调度上行（上行数据到达）或者调度下行（PDCCH order触发）。UE收到C-RNTI加扰的PDCCH，即认为竞争解决，此后继续使用C-RNTI，丢弃Msg2中分配的Temp C-RNTI。

竞争解决后，转入USS空间下发PDCCH。

目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



上行同步

上行传输的一个重要特征是不同的UE在时频上正交多址接入，即来自同一个小区的不同UE的上行传输之间互不干扰。为了保证上行传输的正交性，避免小区内（intra-cell）干扰，eNodeB要求来自同一子帧但不同频域资源的不同UE的信号到达eNodeB的时间基本上是对齐的。eNodeB只要在循环前缀（Cyclic Prefix）范围内接收到UE所发送的上行数据，就能够正确地解码上行数据，因此上行同步要求来自同一子帧的不同UE的信号到达eNodeB的时间都落在循环前缀范围之内。

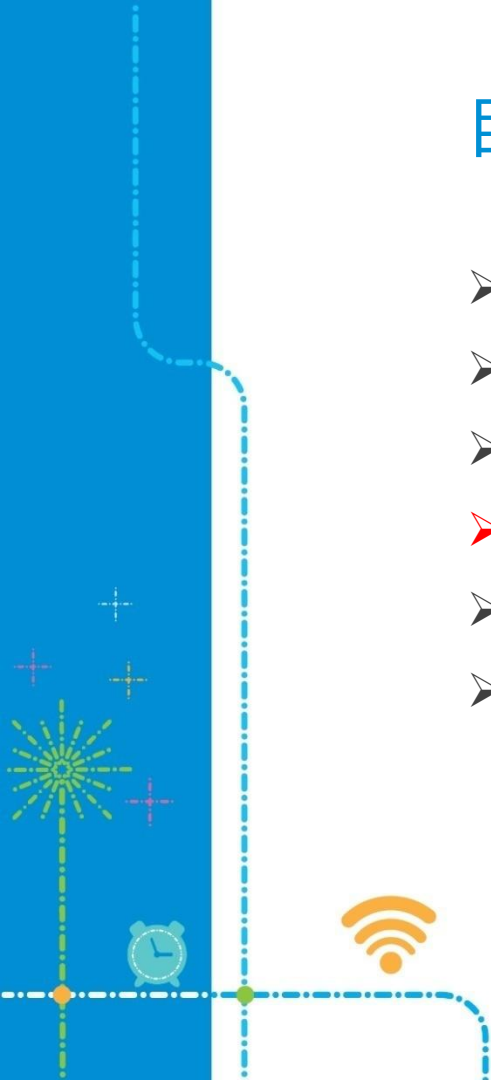
上行同步

NB-IOT的上行同步复用LTE的机制，eNB下发TA控制命令字来保证上行同步。与传统LTE系统相同，NB-IOT系统在随机接入的Msg2中下发TA命令字用于控制上行同步，在RRC_connection状态通过TA MAC CE来调整上行同步。该机制与传统LTE系统相同。

协议中规定，下行TA MAC CE传输完成到上行NPUSCH应用该TAC命令字的时间间隔至少为12ms。

目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



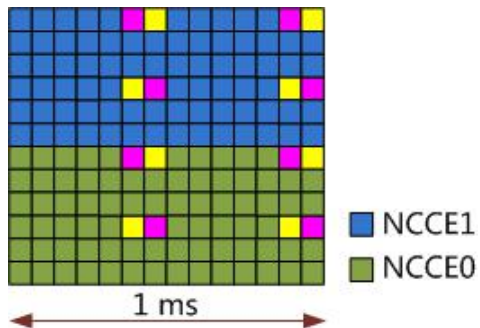
下行传输过程

NB-IOT的下行数据传输过程与传统LTE相同，即先由控制信道指示资源调度信息，UE对搜索空间控制信道所承载的调度信息进行检测，如果发现属于自己的调度信息，那么UE将根据该调度信息的指示（包括资源位置，编码调制方式等）接收属于自己的NPDSCH下行数据信息。

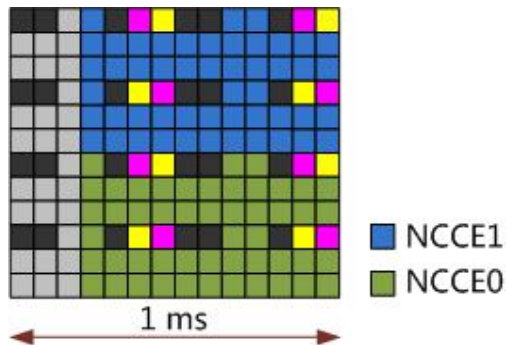
下行传输过程-NPDCCH

NPDCCH所使用的CCE频域上大小为6个子载波

- Stand-alone/Guard band模式下，使用所有OFDM符号
- In-Band模式下，SIB1配置的起始OFDM符号（LTE control region size）



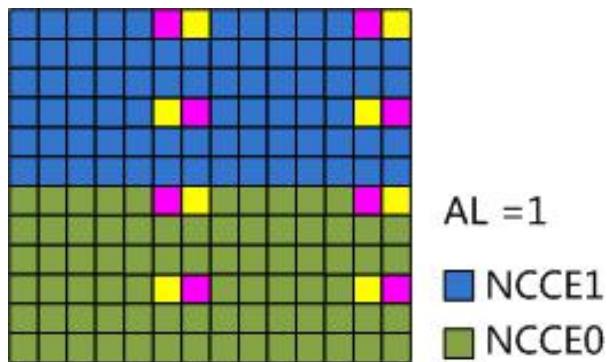
Stand-alone/Guard Band 模式



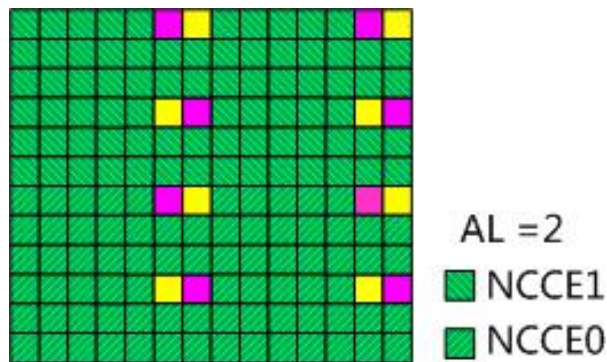
In-Band 模式

下行传输过程-NPDCCH

- NPDCCH最大聚合等级: 2 , AL=2的两个CCE位于相同子帧
- 重复传输仅支持AL=2



NPDCCH Format 0



NPDCCH Format 1

下行传输过程-NPDCCH-DCI N1

Fields	Size(bits)	Notes
Flag for format N0/format N1 differentiation	1	-0: N0(UL) -1: N1(DL)
NPDCCH order indicator	1	0—表示调度DCI N1
Scheduling delay	3	<ul style="list-style-type: none"> If $R_{max} < 128$: {0,4,8,12,16,32,64,128} If $R_{max} \geq 128$: {0,16,32,64,128, 256,512,1024} 这个配置指的是有效子帧数 实际的delay = 这个配置值+4（注1）
Resource assignment	3	, {1、2、3、4、5、6、8、10},
Modulation and coding scheme	4	$I_{TBS} = 11$ and 12 is supported only for standalone and guardband.
Repetition number	4	{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 192, 256, 384, 512, 768, 1024, 1536, 2048}, NPDSCH的重复次数
New data indicator	1	-值不反转: re-transmission -值反转: initial transmission RA-RNTI加扰时, 为保留bit
HARQ-ACK resource	4	取值见注2 RA-RNTI加扰时, 为保留bit
DCI subframe repetition number	2	参见搜索空间的描述

下行传输过程-NPDCCH-DCI N2

Fields	Size(bits)	Notes
Flag for paging/direct indication differentiation	1	-0: direct indication, 只有DCI, 没有PDSCH -1: paging
direct indication differentiation		
Direct Indication information	8	provide direct indication of system information update and other fields
Reserved information		
paging		
DL scheduling delay	0	该时间间隔由协议规定, 不需要明示
Resource assignment	3	按N1取值
Modulation and coding scheme	4	按N1取值
Repetition number	4	按N1取值
DCI subframe repetition number	3	参见物理层协议关于搜索空间的描述

下行传输过程-NPDCCH-PDCCH Order

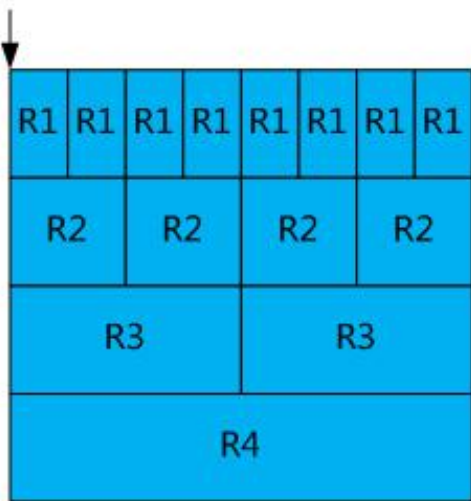
Field	Size(bits)	Notes
Flag for format N0/format N1 differentiation	1	1
NPDCCH order indicator	1	1—表示PDCCH order
Starting number of NPRACH repetitions	2	UE发起随机接入的PRACH对应的重复次数
tone index	6	指示NPRACH的tone index，是绝对值
其余bit		均为1

下行传输过程-NPDCCH

- 定义三种搜索空间，
 - UE-specific search space , USS
 - Type1-NPDCCH common search space , CSS for Paging
 - Type2-NPDCCH common search space , CSS for RAR
- 仅在AL=2时，可以配置重复传输
- 在无NPDCCH重复传输的情况下，任何子帧中，3种盲检候选集
- 在NPDCCH重复传输的情况下，任何子帧中，4种盲检候选集
- 盲检候选集 定义 {AL, #repetition, #blind decodes}

下行传输过程-NPDCCH

Start of NPDCCH USS



$R_{Max} = 16$

Candidates
{AL, #repetition, #blind
decodes}

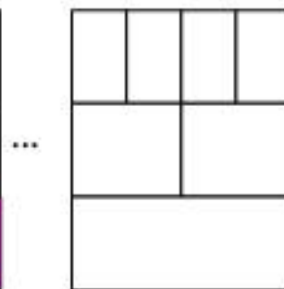
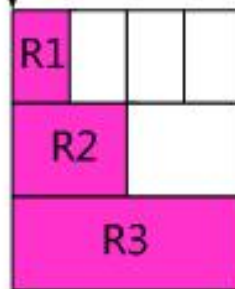
R1 {2, 2, 1}

R2 {2, 4, 1}

R3 {2, 8, 1}

R4 {2, 16, 1}

Start of NPDCCH CSS for paging



.....

R1 {2, 1, 1}

R2 {2, 8, 1}

R3 {2, 64, 1}

R8 {2, 2048, 1}



$R_{Max} = 2048$

下行传输过程-NPDSCH

I_{TBS}	N_{SF}							
	1	2	3	4	5	6	8	10
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	680
5	72	144	224	328	424	504	680	N/A
6	88	176	256	392	504	600	N/A	N/A
7	104	224	328	472	584	680	N/A	N/A
8	120	256	392	536	680	N/A	N/A	N/A
9	136	296	456	616	N/A	N/A	N/A	N/A
10	144	328	504	680	N/A	N/A	N/A	N/A
11	176	376	584	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	208	440	680	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

下行传输过程-NPDCCH与NPDSCH发送定时

根据NPDCCH和NPDSCH的最小调度单元来分配资源。当UE在第 n 个subframe盲检NPDCCH后检测出有效DCI时，则在该DCI指示的第 $n+m$ 帧处开始接收下行NPDSCH数据。

NPDCCH结束子帧与对应NPDSCH起始子帧之间存在一个定时。NPDCCH DCI指示NPDCCH的结束子帧与NPDSCH的起始子帧之间的时延。这个时延应不小于 4ms ($\geq 4\text{ms}$)。

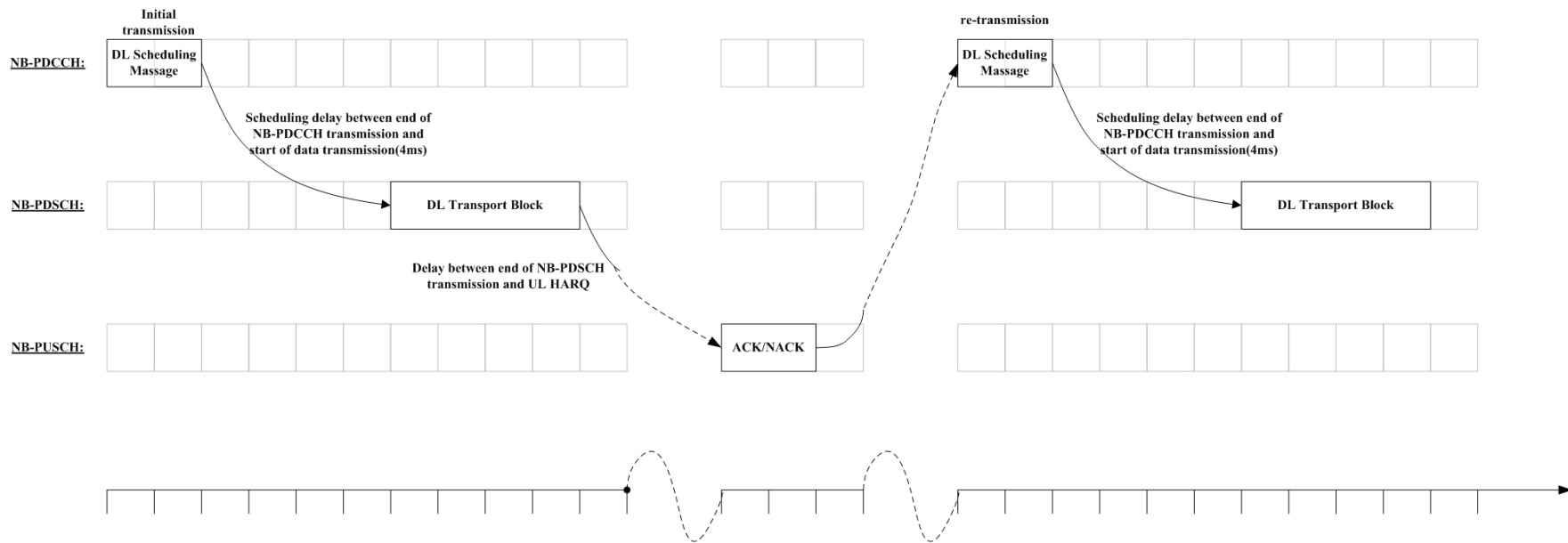
NPDCCH的结束子帧为 n ，NPDSCH开始子帧为 $n+5\text{ms}+k_0$ (先间隔 4ms ，然后根据 k_0 确定起始子帧位置)， k_0 为有效子帧数。

下行传输过程-NPDCCH发送定时

对于同一UE：

- NPDCCH结束子帧与NPDSCH起始子帧之间，不能再次发送NPDCCH
- NPDCCH结束子帧与ACK-NPUSCH起始子帧之间，不能再次发送NPDCCH
- DL GAP期间，不能发送NPDCCH
- PDCCH order的NPDCCH结束子帧与NPRACH起始子帧之间，不能再次发送NPDCCH

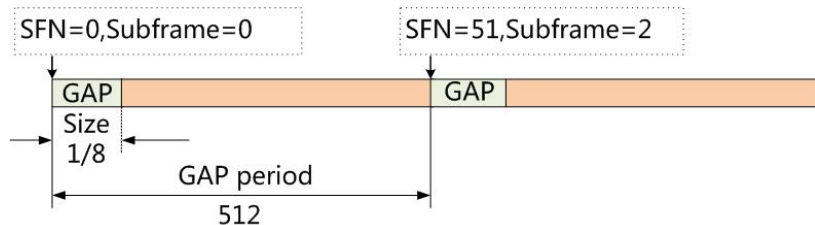
下行传输过程-下行传输时序图



下行传输过程-DL GAP

在UE连接态，对于极限覆盖用户会采用重复次数很长的传输，其可能会对其他正常覆盖用户产生干扰。为了减少这种干扰，引入下行Gap机制，即：如果NPDCCH的Rmax大于等于X1，则NPDCCH和NPDSCH需要按照Gap图样传输，当NPDCCH/NPDSCH的传输时间与Gap配置相重合时在Gap期间停止下行发送，直到Gap之后的第一个有效子帧开始继续传输。Gap配置图样如图所示：

- Gap周期（起始位置的周期）：2bit，{64, 128, 256, 512}，表示绝对子帧数
- Gap Size：2bit，{1/8, 1/4, 3/8, 1/2} * Gap period，表示绝对子帧数，



下行传输过程-有效子帧

NB-IOT系统中的有效/无效子帧都是针对下行子帧来说的。下行无效子帧包括以下子帧：

- 针对系统中的所有UE，NB-IOT系统的PSS/SSS/MIB/SIB1所占用的子帧都是无效子帧
- 针对系统中的所有UE，在SIB1中广播为无效的子帧（如LTE系统的MBSFN子帧）都是无效子帧，不广播则都是有效子帧。SIB1中以bitmap的形式广播小区中的无效子帧：
 - in-band模式下，广播10ms或者40ms内的无效子帧配置
 - standalone或者guard-band模式下广播10ms内的无效子帧配置
- 针对满足DL GAP传输的UE，在DL GAP SIZE期间的下行子帧都是无效子帧。

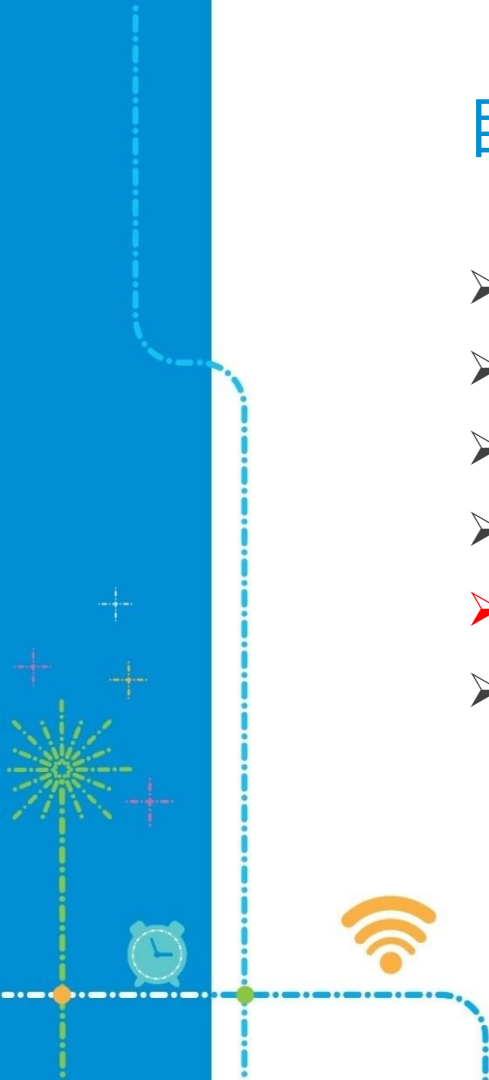
下行传输过程-有效子帧

NB-IOT系统中的无效子帧，对于NPDCCH/NPDSCH和寻呼PO来说都是无效子帧。因此对于{PF,PO}：

- 使用现有的PO子帧图样；
- 如果基于{PF,PO}确定的子帧是有效子帧，则该子帧是Paging CSS的起始子帧；
- 如果基于{PF,PO}确定的子帧不是有效子帧，则位于该子帧之后的第一个有效子帧是Paging CSS的起始子帧。

目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



上行传输过程

NB-IOT的上行数据传输过程与传统LTE相同，即先由控制信道指示资源调度信息，UE对子帧中控制信道所承载的调度信息进行检测，如果发现属于自己的调度信息，那么UE将根据该调度信息的指示（包括资源位置，编码调制方式等）发送PUSCH数据信息。

上行传输过程-DCI N0

Field	Size(bits)	Notes
Flag for format N0/format N1 differentiation	1	-0: N0(UL) -1: N1(DL)
Subcarrier indication	6	-5 for 15KHz. 指示了subcarriers个数和位置。协议给出了所有19种subcarriers分配结果，每种结果对应一个UL grant取值。 -6 for 3.75KHz, UL grant指示了分配的subcarrier索引，一共是48个取值。 这个字段大小为6bit。但对于15KHz，只需要用其中的5bit。（注1）
Resource assignment	3	， {1、2、3、4、5、6、8、10}，
Scheduling delay	2	{8, 16, 32, 64}， 这个值就是实际的delay值，并且是 绝对子帧数 （注2）
Modulation and coding scheme	4	-For multi-tone, support I_{TBS} equals 0 to 12 -For single-tone, support I_{TBS} equals 0 to 10
Redundancy version	1	LTE RV0 or LTE RV2. RV2 is supported in all I_{TBS} . 如果NPUSCH的重复次数=1，表示RV版本 如果NPUSCH的重复次数>1，表示RV起始版本（物理层采用RV Cycling循环）
Repetition number	3	{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}， NPUSCH的重复次数
New data indicator	1	-值不反转: re-transmission -值反转: initial transmission
DCI subframe repetition number	2	参见搜索空间的描述

上行传输过程-PUSCH RU资源

Content	Tones	RU
Data	3.75K, tone=1	32ms
	15K, tone=1	8ms
	15K, tone=3	4ms
	15K, tone=6	2ms
	15K, tone=12	1ms
ACK/NACK	3.75K, tone=1	8ms
	15K, tone=1	2ms

上行传输过程-PUSCH TBSize

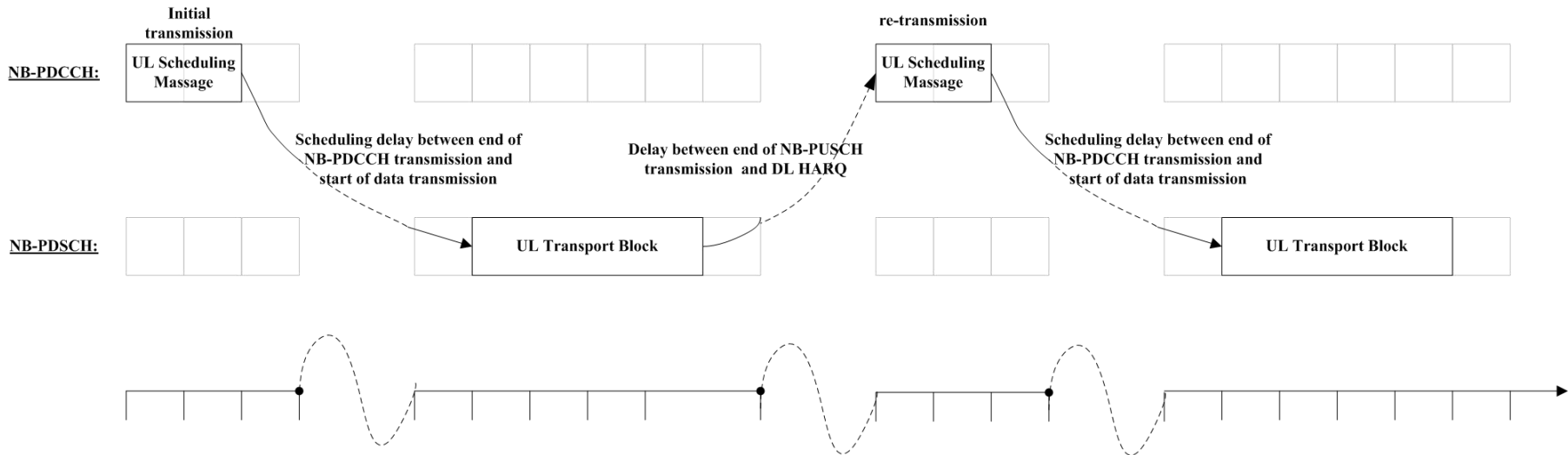
I_{TBS}	N_{RU}							
	1	2	3	4	5	6	8	10
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	696
5	72	144	224	328	424	504	680	872
6	88	176	256	392	504	600	808	1000
7	104	224	328	472	584	712	1000	
8	120	256	392	536	680	808		
9	136	296	456	616	776	936		
10	144	328	504	680	872	1000		
11	176	376	584	776	1000			
12	208	440	680	1000				

上行传输过程-PUSCH与PDCCH传输定时

NPDCCH的结束子帧为 n ，NPUSCH开始子帧为 $n+k_0+1$ 。

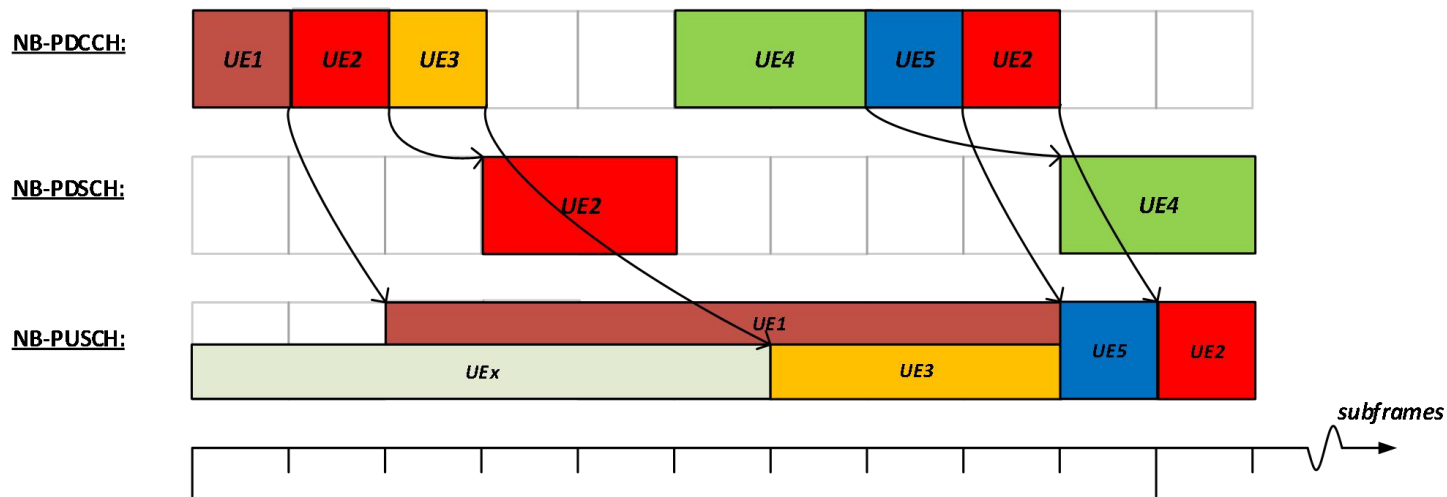
I_{Delay}	k_0
0	8
1	16
2	32
3	64

上行传输过程-上行传输时序图



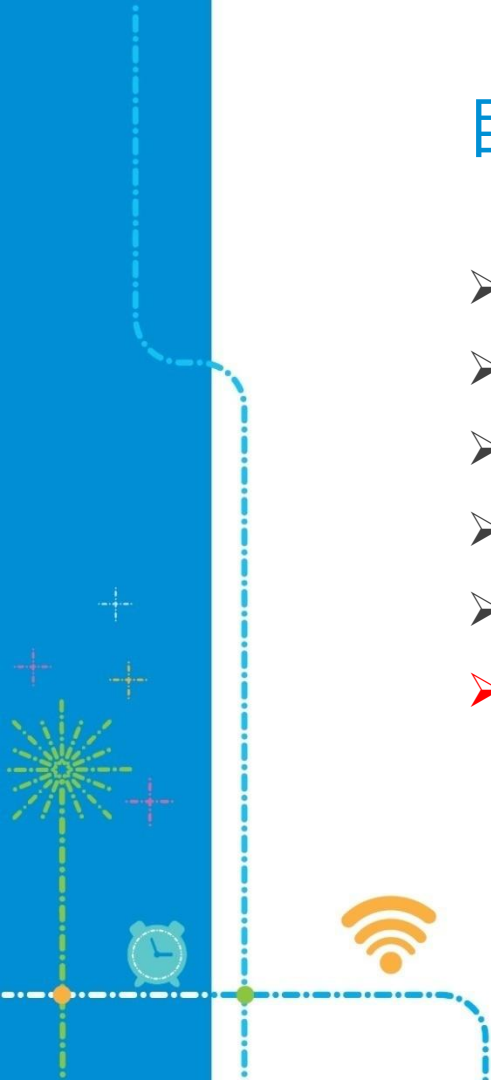
上行传输过程-多UE上下行传输的时序示意图

Scheduling example



目录

- 小区搜索过程
- 随机接入流程
- 上行同步
- 下行传输过程
- 上行传输过程
- 上行功率控制



上行功率控制-PRACH

标准中将提供8种NPRACH重复次数：{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}，eNB可以配置最多三种NPRACH重复次数。

对于CEL0，NPRACH采用power ramping机制；对于CEL1和CEL2，UE采用最大发射功率。

NPRACH采用power ramping机制时，其power ramping的计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{PREAMBLE_RECEIVED_TARGET_POWER} = & \text{preambleInitialReceivedTargetPower} + \\ & \text{DELTA_PREAMBLE} + (\text{PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER} - 1) * \text{powerRampingStep} \\ & - 10 * \log_{10}(\text{numRepetitionPerPreambleAttempt}) \end{aligned}$$

其中，DELTA_PREAMBLE设置为0；*preambleInitialReceivedTargetPower*的值复用LTE的相同值；*powerRampingStep*与LTE相同，为{0, 2, 4, 6} dB。

上行功率控制-PUSCH

NPUSCH传输数据时，其功率控制可以复用传统LTE中的功率控制策略。对于15K系统，以subframe为单位进行功率控制，对于3.75K系统，以NSlot为单位进行功率控制。

NPUSCH的重复次数>2时，UE采用最大发射功率。否则，NPUSCH上行功率配置复用36.213中5.1.1.1节的内容。下式中有服务小区 c ，子帧 i (15 kHz子载波间隔)或者NSlot i (3.75 kHz子载波间隔)

$$P_{NPUSCH,c}(i) = \min\{P_{CMAX,c}(i), 10\log_{10}(M_{NPUSCH,c}(i)) + P_{O_NPUSCH,c} + \alpha_c(j) PL_c + f_c(i)\}$$

上行功率控制-PUSCH

- $M_{NPUSCH,c}(i)$ 表示PUSCH资源分配的带宽：
 - $\{1/4, 1, 3, 6, 12\}$ (反应上行传输资源带宽)
- $P_{O_NPUSCH,c}(j) = P_{O_UE_NPUSCH,c}(j) + P_{O_NOMINAL_NPUSCH,c}(j)$
 - 当 $j = 1$, $P_{O_UE_NPUSCH,c}(1)$ 和 $P_{O_NOMINAL_NPUSCH,c}(1)$ 由高层配置 , 并且 $j = 1$ 用于NPUSCH数据传输。
 - 当 $j = 2$, 用于与随机接入响应授权相耦合的NPUSCH数据传输, $P_{O_UE_NPUSCH,c}(2) = 0$, 而 $P_{O_NOMINAL_NPUSCH,c}(2) = P_{O_PRE} + \Delta_{PREAMBLE_Msg3}$, 其中参数 P_{O_PRE} 和 $\Delta_{PREAMBLE_Msg3}$ 由高层配置。
- $\alpha_c(j)$
 - 当 $j = 1$, $\alpha_c(j)$ 由高层配置 ;
 - 当 $j = 2$, $\alpha_c(j) = 1$ 。
- $f_c(i)$
 - 无TPC命令, $f_c(i) = 0$ 。

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。

