5G PDSCH

讲师：捻叶成剑

PDSCH基本信息

PDSCH：物理下行共享信道

作用：下行数据传输，可以传输paging，随机接入，信令，用户数据等

调制方式：QPSK、16QAM、64QAM和256QAM

最大可以采用8层传输

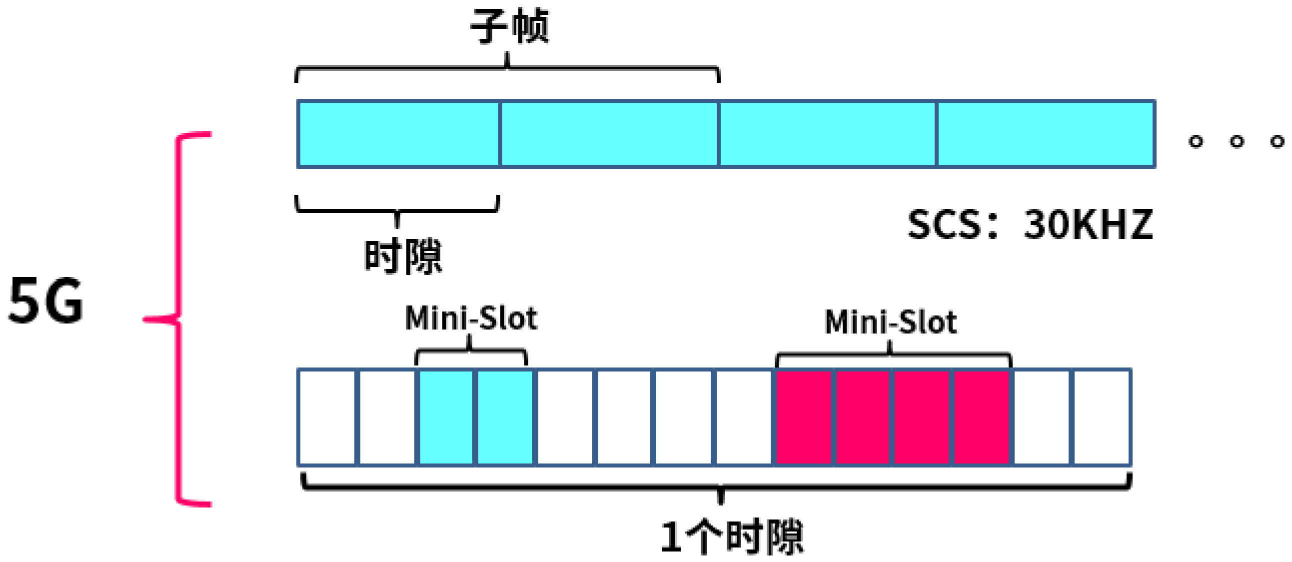
PDSCH的时域资源分配

时域资源分配

下行PDSCH时域资源分配有两种类型：

- typeA:在一个时隙当中，PDSCH的符号从{0,1,2,3}符号位置开始，符号长度3-14个符号。
- typeB:在一个时隙内，PDSCH占用的符号，从0-12的符号位置开始，但是符号长度限定为2,4,7个符号。

typeA是基于时隙的调度方式，大带宽场景，现网使用。
typeB是mini slot方式，也就是超低时延场景。



时域资源分配

PDSCH的时域调度，主要取决于4个核心参数：

- 时隙偏移值K0
- 时域起始符号S和时域符号数L
- mapping type：时域分配类型，typeA或者typeB

由于现网mapping type都是typeA，因此，重点研究K0，S,和L。

时隙偏移值K0

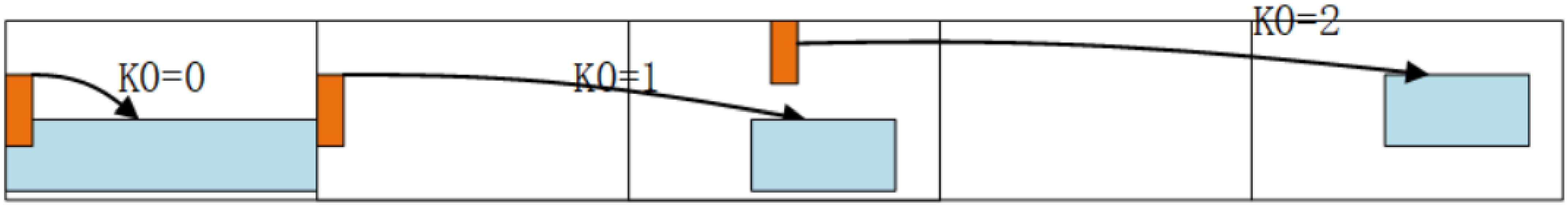
PDSCH的时隙偏移，是针对当前UE接收到DCI的slot所言的。由于在NR下行中，支持跨slot调度，因此PDSCH和PDCCH既有可能在同一slot传输，也可能不在同一slot传输。

PDSCH调度的slot索引计算如下

$$\left\lfloor n \cdot \frac{2^{\mu_{PDSCH}}}{2^{\mu_{PDCCH}}} \right\rfloor + K_0$$

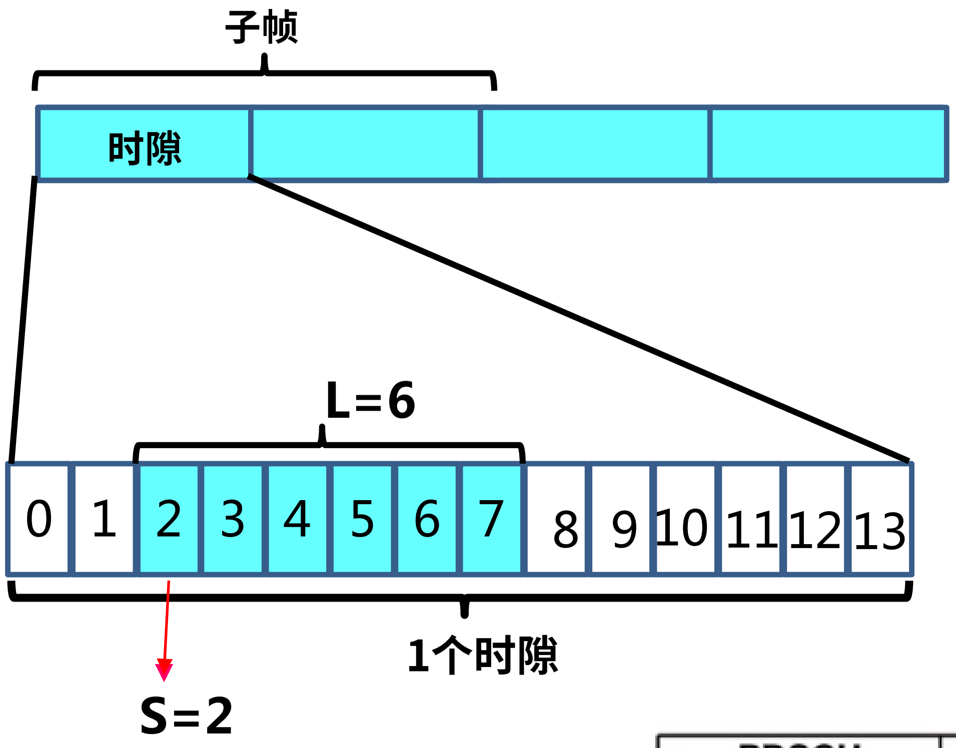
n表示DCI的调度slot；μ_PDSCH表示PDSCH传输的SCS；μ_PDCCH表示PDCCH传输的SCS，由于现网这两个SCS相等，因此，公式就变成N+K0，K0就代表相对DCI偏移几个时隙。

K0=0表示PDSCH与PDCCH在同一个slot上，
K0=1表示PDSCH在PDCCH后面一个slot上，依次类推。



时域起始符号S和时域符号数L

举个例子



SCS：30KHZ

S和L的取值范围

PDSCH mapping type	Normal cyclic prefix			Extended cyclic prefix		
	S	*L*	*S+L*	*S*	*L*	*S+L*
Type A	{0,1,2,3} (Note 1)	{3,…,14}	{3,…,14}	{0,1,2,3} (Note 1)	{3,…,12}	{3,…,12}
Type B	{0,…,12}	{2,4,7}	{2,…,14}	{0,…,10}	{2,4,6}	{2,…,12}
Note 1:	S = 3 is applicable only if *dmrs-TypeA-Posiition* = 3					

UE如何获取K0，S,L的配置

分为两种情况：

1. 待机状态，可通过DCI确定的查表索引查询默认表格直接获取到K0、mapping type、S和L；
2. RRC连接态时，高层参数pdsch-Config中的PDSCH-TimeDomainResourceAllocation获取配置，然后结合DCI确定的查表索引获取K0、mapping type、 SLIV ，再进一步计算出S和L。

DCI1-0和DCI1-1是调度PDSCH的，在PDCCH里面讲过了。

待机状态查表获取K0，S，L

有4个表格
这里的是A

Table 5.1.2.1.1-2: Default PDSCH time domain resource allocation A for normal CP

Row index	*dmrs-TypeA-Position*	PDSCH mapping type	K_0	*S*	*L*
1	2	Type A	0	2	12
	3	Type A	0	3	11
2	2	Type A	0	2	10
	3	Type A	0	3	9
3	2	Type A	0	2	9
	3	Type A	0	3	8
4	2	Type A	0	2	7
	3	Type A	0	3	6
5	2	Type A	0	2	5
	3	Type A	0	3	4
6	2	Type B	0	9	4
	3	Type B	0	10	4
7	2	Type B	0	4	4
	3	Type B	0	6	4
8	2,3	Type B	0	5	7
9	2,3	Type B	0	5	2
10	2,3	Type B	0	9	2
11	2,3	Type B	0	12	2
12	2,3	Type A	0	1	13
13	2,3	Type A	0	1	6
14	2,3	Type A	0	2	4
15	2,3	Type B	0	4	7
16	2,3	Type B	0	8	4

UE待机状态下，查询默认表格，根据DCI相应字段的数值+1，获得表的行数，再根据dmrs-typeA-position来确定具体的行数，查表获取到K0，S，L，mapping type 4个参数

其中， dmrs-typeA-position是来源于MIB。

```
MIB ::= SEQUENCE {
    systemFrameNumber       6bit
    subCarrierSpacingCommon  1bit
    ssb-SubcarrierOffset    4it
    dmrs-TypeA-Position      1bit
    pdcch-ConfigSIB1         8bit
    cellBarred              1bit
    intraFreqReselection    1bit
    spare                  1bit
}
```

DCI中的Time domain resource assignment字段会指示PDSCH的时域位置。

该字段共4个bit，所以其值为0-15，假设其值为m，则m+1指示了一个时域资源分配表格的row index（行索引）

举个例子

假设使用的A表

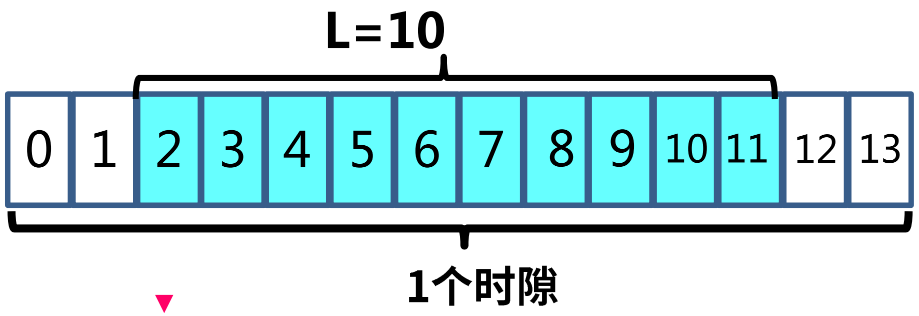
MIB：dmrs-typeA-position　2

DCI：Time domain resource assignment=1

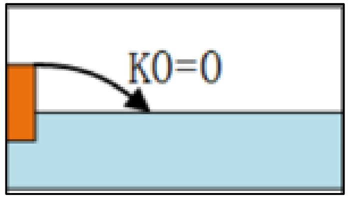
Row index=1+1=2

Table 5.1.2.1.1-2: Default PDSCH time domain resource allocation A for normal CP

Row index	*dmrs-TypeA-Position*	PDSCH mapping type	K_0	*S*	*L*
1	2	Type A	0	2	12
	3	Type A	0	3	11
2	2	Type A	0	2	10
	3	Type A	0	3	9
3	2	Type A	0	2	9
	3	Type A	0	3	8
4	2	Type A	0	2	7
	3	Type A	0	3	6
5	2	Type A	0	2	5
	3	Type A	0	3	4
6	2	Type B	0	9	4
	3	Type B	0	10	4
7	2	Type B	0	4	4
	3	Type B	0	6	4
8	2,3	Type B	0	5	7
9	2,3	Type B	0	5	2
10	2,3	Type B	0	9	2
11	2,3	Type B	0	12	2
12	2,3	Type A	0	1	13
13	2,3	Type A	0	1	6
14	2,3	Type A	0	2	4
15	2,3	Type B	0	4	7
16	2,3	Type B	0	8	4



S=2



表A-扩展cp

Table 5.1.2.1.1-3: Default PDSCH time domain resource allocation A for extended CP

Row index	*dmrs-TypeA-Position*	PDSCH mapping type	K_0	*S*	*L*
1	2	Type A	0	2	6
	3	Type A	0	3	5
2	2	Type A	0	2	10
	3	Type A	0	3	9
3	2	Type A	0	2	9
	3	Type A	0	3	8
4	2	Type A	0	2	7
	3	Type A	0	3	6
5	2	Type A	0	2	5
	3	Type A	0	3	4
6	2	Type B	0	6	4
	3	Type B	0	8	2
7	2	Type B	0	4	4
	3	Type B	0	6	4
8	2,3	Type B	0	5	6
9	2,3	Type B	0	5	2
10	2,3	Type B	0	9	2
11	2,3	Type B	0	10	2
12	2,3	Type A	0	1	11
13	2,3	Type A	0	1	6
14	2,3	Type A	0	2	4
15	2,3	Type B	0	4	6
16	2,3	Type B	0	8	4

表B

Table 5.1.2.1.1-4: Default PDSCH time domain resource allocation B

Row index	*dmrs-TypeA-Position*	PDSCH mapping type	K_0	S	L
1	2,3	Type B	0	2	2
2	2,3	Type B	0	4	2
3	2,3	Type B	0	6	2
4	2,3	Type B	0	8	2
5	2,3	Type B	0	10	2
6	2,3	Type B	1	2	2
7	2,3	Type B	1	4	2
8	2,3	Type B	0	2	4
9	2,3	Type B	0	4	4
10	2,3	Type B	0	6	4
11	2,3	Type B	0	8	4
12 (Note 1)	2,3	Type B	0	10	4
13 (Note 1)	2,3	Type B	0	2	7
14 (Note 1)	2	Type A	0	2	12
	3	Type A	0	3	11
15	2,3	Type B	1	2	4
16	Reserved				
Note 1: If the PDSCH was scheduled with SI-RNTI in PDCCH Type0 common search space, the UE may assume that this PDSCH resource allocation is not applied					

表C

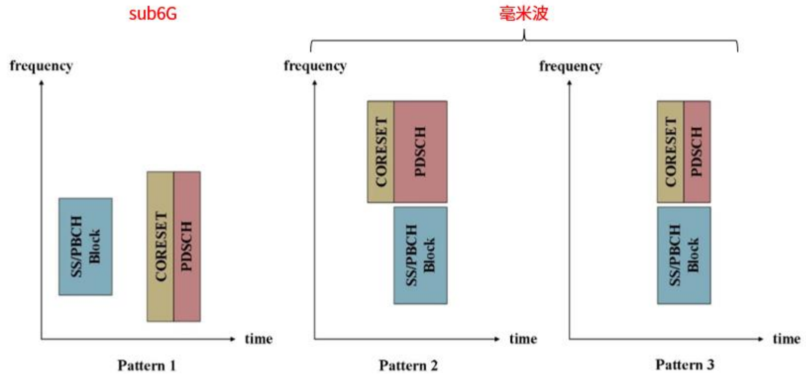
Table 5.1.2.1.1-5: Default PDSCH time domain resource allocation C

Row index	*dmrs-TypeA-Position*	PDSCH mapping type	K_0	S	L
1 (Note 1)	2,3	Type B	0	2	2
2	2,3	Type B	0	4	2
3	2,3	Type B	0	6	2
4	2,3	Type B	0	8	2
5	2,3	Type B	0	10	2
6	Reserved				
7	Reserved				
8	2,3	Type B	0	2	4
9	2,3	Type B	0	4	4
10	2,3	Type B	0	6	4
11	2,3	Type B	0	8	4
12	2,3	Type B	0	10	4
13 (Note 1)	2,3	Type B	0	2	7
14 (Note 1)	2	Type A	0	2	12
	3	Type A	0	3	11
15 (Note 1)	2,3	Type A	0	0	6
16 (Note 1)	2,3	Type A	0	2	6
Note 1: The UE may assume that this PDSCH resource allocation is not used, if the PDSCH was scheduled with SI-RNTI in PDCCH Type0 common search space					

UE如何知道查哪个表?

RNTI	PDCCH search space	SS/PBCH block and CORESET multiplexing pattern	*pdsch-ConfigCommon* includes *pdsch-TimeDomainAllocationList*	*pdsch-Config* includes *pdsch-TimeDomainAllocationList*	PDSCH time domain resource allocation to apply
SI-RNTI	Type0 common	1	-	-	Default A for normal CP
		2	-	-	Default B
		3	-	-	Default C
SI-RNTI	Type0A common	1	No	-	Default A
		2	No	-	Default B
		3	No	-	Default C
		1,2,3	Yes	-	*pdsch-TimeDomainAllocationList* provided in *pdsch-ConfigCommon*
RA-RNTI, TC-RNTI	Type1 common	1, 2, 3	No	-	Default A
		1, 2, 3	Yes	-	*pdsch-TimeDomainAllocationList* provided in *pdsch-ConfigCommon*
P-RNTI	Type2 common	1	No	-	Default A
		2	No	-	Default B
		3	No	-	Default C
		1,2,3	Yes	-	*pdsch-TimeDomainAllocationList* provided in *pdsch-ConfigCommon*
C-RNTI, MCS-C-RNTI, CS-	Any common search space	1, 2, 3	No	-	Default A
		1, 2, 3	Yes	-	*pdsch-TimeDomainAllocati*

UE需要的哪种信息，就会使用相应的RNTI，如果是待机状态，则根据SSB与coreset的相对位置，查询不同类型表格



(**38.214** Table 5.1.2.1.1-1)

RRC连接状态通过信令获取获取K0，S，L

```
PDSCH-Config ::=                                SEQUENCE {
    dataScramblingIdentityPDSCH                 INTEGER (0..1007)    OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA              SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB              SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    tci-StatesToAddModList                          SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                        OF TCI-State     OPTIONAL,    -- Need N
    tci-StatesToReleaseList                         SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                        OF TCI-StateId  OPTIONAL,    -- Need N
    vrb-ToPRB-Interleaver                           ENUMERATED {n2, n4},
    resourceAllocation                              ENUMERATED { resourceAllocationType0,
                                                                 resourceAllocationType1,
                                                                 dynamicSwitch},
    pdsch-AllocationList                        SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofDL-Allocations))
                                                  OF PDSCH-TimeDomainResourceAllocation      OPTIONAL,
    pdsch-AggregationFactor                         ENUMERATED { n2, n4, n8 } OPTIONAL,
    rateMatchPatternToAddModList                    SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                        OF RateMatchPattern      OPTIONAL, -- Need N
    rateMatchPatternToReleaseList                   SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                        OF RateMatchPatternId      OPTIONAL, -- Need N
```

RRC信令中pdsch-Config中的PDSCH-Allocationlist获取配置参数列表

具体选择哪一种配置，取决于DCI字段Time domain resource assignment，这里字段的取值，不用+1

配置列表

```
pdsch-AllocationList {
         PDSCH-TimeDomainResourceAllocation {
           k0  omit // the UE applies the value 0.
Row 0      mappingType typeA,
           startSymbolAndLength '00111010'B => 58(Dec)
         },
         PDSCH-TimeDomainResourceAllocation {
           k0  1
Row 1      mappingType typeA,
           startSymbolAndLength '00111000'B => 56(Dec)
         }
```

详细配置

在这种情况下，不是直接获取到S和L这两个参数，而是获取了SLIV,通过反向计算来获取S和L

SLIV---起始和长度指示值

时域起始符号S和时域符号数L可通过公式计算出SLIV；反过来获得了SLIV，也可以反向计算出S和L。具体SLIV的计算方式如下

if $(L-1) \le 7$ then

$$SLIV = 14 \cdot (L-1) + S$$

else

$$SLIV = 14 \cdot (14 - L + 1) + (14 - 1 - S)$$

之所以可以反向计算，是因为S和L都有取值范围，不是随意取值，还得是整数。

PDSCH mapping type	Normal cyclic prefix			Extended cyclic prefix		
	S	***L***	***S+L***	***S***	***L***	***S+L***
Type A	{0,1,2,3} (Note 1)	{3,…,14}	{3,…,14}	{0,1,2,3} (Note 1)	{3,…,12}	{3,…,12}
Type B	{0,…,12}	{2,4,7}	{2,…,14}	{0,…,10}	{2,4,6}	{2,…,12}
Note 1: S = 3 is applicable only if *dmrs-TypeA-Posiition* = 3						

SLIV与S和L计算对应表

S	L	L-1	Last Symbol	SLIV	Valid Mapping Type (Normal CP) PDSCH	Valid Mapping Type (Normal CP) PUSCH
0						
	3	2	2	28	Type A	Type B
	4	3	3	42	Type A,Type B	Type A,Type B
	5	4	4	56	Type A	Type A,Type B
	6	5	5	70	Type A	Type A,Type B
	7	6	6	84	Type A,Type B	Type A,Type B
	8	7	7	98	Type A	Type A,Type B
	9	8	8	97	Type A	Type A,Type B
	10	9	9	83	Type A	Type A,Type B
	11	10	10	69	Type A	Type A,Type B
	12	11	11	55	Type A	Type A,Type B
	13	12	12	41	Type A	Type A,Type B
	14	13	13	27	Type A	Type A,Type B
1						
	3	2	3	29	Type A	Type B
	4	3	4	43	Type A,Type B	Type B
	5	4	5	57	Type A	Type B
	6	5	6	71	Type A	Type B
	7	6	7	85	Type A,Type B	Type B
	8	7	8	99	Type A	Type B
	9	8	9	96	Type A	Type B
	10	9	10	82	Type A	Type B
	11	10	11	68	Type A	Type B
	12	11	12	54	Type A	Type B
	13	12	13	40	Type A	Type B

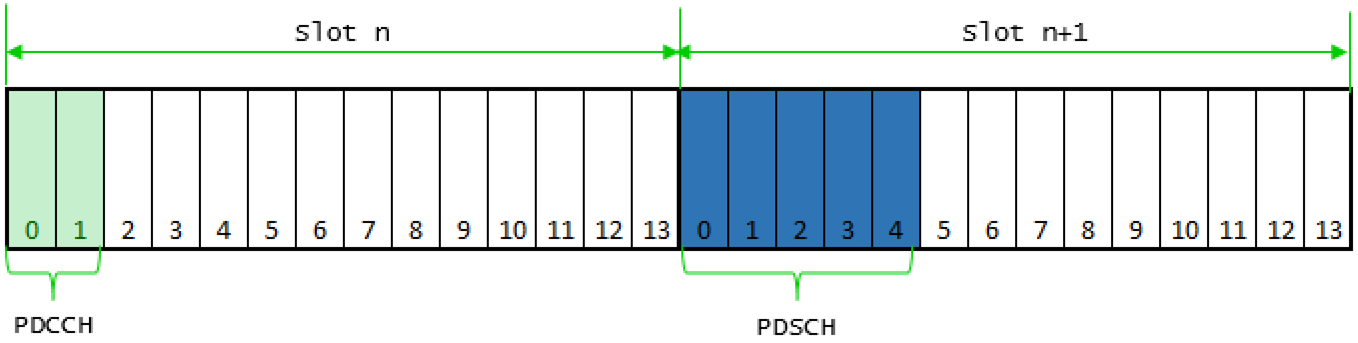
所有的SLIV值与S和L的对应关系

S	L	L-1	Last Symbol	SLIV	Valid Mapping Type (Normal CP) PDSCH	Valid Mapping Type (Normal CP) PUSCH
2						
	3	2	4	30	Type A	Type B
	4	3	5	44	Type A,Type B	Type B
	5	4	6	58	Type A	Type B
	6	5	7	72	Type A	Type B
	7	6	8	86	Type A,Type B	Type B
	8	7	9	100	Type A	Type B
	9	8	10	95	Type A	Type B
	10	9	11	81	Type A	Type B
	11	10	12	67	Type A	Type B
	12	11	13	53	Type A	Type B
3						
	3	2	5	31	Type A	Type B
	4	3	6	45	Type A,Type B	Type B
	5	4	7	59	Type A	Type B
	6	5	8	73	Type A	Type B
	7	6	9	87	Type A,Type B	Type B
	8	7	10	101	Type A	Type B
	9	8	11	94	Type A	Type B
	10	9	12	80	Type A	Type B
	11	10	13	66	Type A	Type B

举个例子

```
            pdsch-AllocationList {
              ┌ PDSCH-TimeDomainResourceAllocation {
              │   k0  omit   // the UE applies the value 0.
      Row 0  ─┤   mappingType typeA,
              │   startSymbolAndLength '00111010'B => 58(Dec)
              └ },
              ┌ PDSCH-TimeDomainResourceAllocation {
              │   k0  1
      Row 1  ─┤   mappingType typeA,
              │   startSymbolAndLength '00111000'B => 56(Dec)
              └ }
            }
```

```
DCI :
  Time domain resource assignment = 1
```




```
K0 = 1
SLIV = 56
  => S=0, L=5
```

```
PDCCH monitoring pattern:
  first symbol of the slot{'10000000000000'B}
CORESET time duration : 2 symbols
```

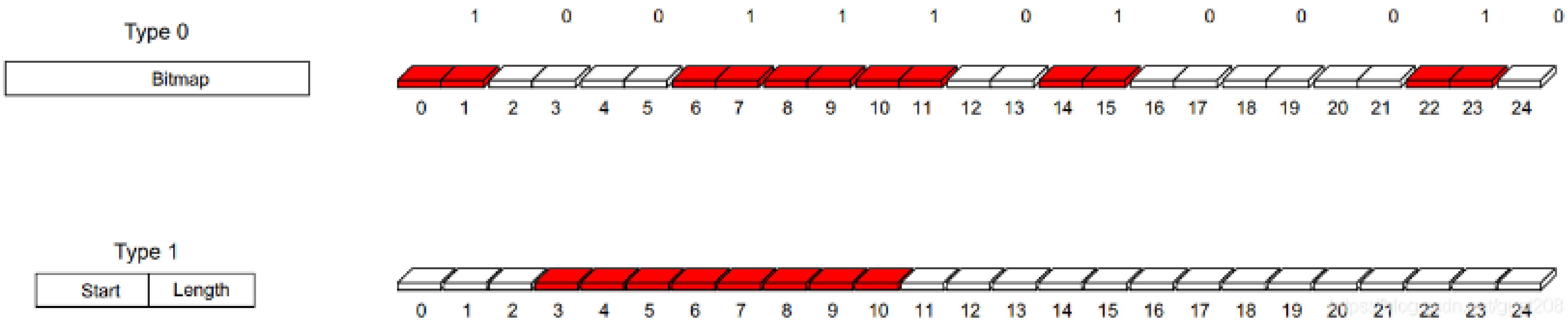
PDSCH的频域资源分配

PDSCH的频域资源分配

5G NR的频域资源分配，分为两种类型：type0和type1

Type0：bitmap（位图），指示的资源位置既可以是集中连续的，又可以是根据信道需要灵活分散的

Type1：RIV（开始RB+连续RB长度），在频域RB上集中连续分配的



DCI与分配类型

DCI1-0调度的PDSCH，仅仅支持type1

DCI1-0主要用于待机状态
DCI1-1主要用户连接态

DCI1-1调度的PDSCH，类型由高层信令PDSCH-config中的resource Allocation字段来配置，

```
PDSCH-Config ::=                      SEQUENCE {
    dataScramblingIdentityPDSCH       INTEGER (0..1007)    OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA    SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB    SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    tci-StatesToAddModList                SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                              OF TCI-State    OPTIONAL,    -- Need N
    tci-StatesToReleaseList               SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                              OF TCI-StateId  OPTIONAL,    -- Need N
    vrb-ToPRB-Interleaver                 ENUMERATED {n2, n4},
    resourceAllocation                    ENUMERATED { resourceAllocationType0,
                                                       resourceAllocationType1,
                                                       dynamicSwitch},
    pdsch-AllocationList          SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofDL-Allocations))
                                    OF PDSCH-TimeDomainResourceAllocation     OPTIONAL,
    pdsch-AggregationFactor               ENUMERATED { n2, n4, n8 } OPTIONAL
```

type0　　type1　　Dynamicswitch（动态调度）

DCI1-1中的
Frequency domain resource assignment字段来进行频域资源分配类型的指示（最高位bit为0代表type0，为1代表type1）

Format 1_1

This is used for the scheduling of PDSCH in one cell.

Field (Item)	Bits	Reference
Carrier indicator	0,3	
Identifier for DCI formats	1	Always set to 1, indicating a DL DCI format
Bandwidth part indicator	0,1,2	
Frequency domain resource assignment	Variable	Variable with Resource Allocation Type
		Carries the row index of the items

什么时候使用类型type0

首先必须是使用DCI1-1格式来调度PDSCH

第一种情况 PDSCH-config中的resource Allocation字段为type0

第二种情况：当PDSCH-config中的resource Allocation字段为dynamicswitch，DCI Frequency domain resource assignment字段最高位bit为0

```
PDSCH-Config ::=                        SEQUENCE {
    dataScramblingIdentityPDSCH         INTEGER (0..1007)    OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA      SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB      SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    tci-StatesToAddModList                  SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                OF TCI-State    OPTIONAL,   -- Need N
    tci-StatesToReleaseList                 SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                OF TCI-StateId  OPTIONAL,   -- Need N
    vrb-ToPRB-Interleaver                   ENUMERATED {n2, n4},
    resourceAllocation                      ENUMERATED { resourceAllocationType0,
                                                         resourceAllocationType1,
                                                         dynamicSwitch},
    pdsch-AllocationList                SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofDL-Allocations))
                                          OF PDSCH-TimeDomainResourceAllocation     OPTIONAL,
    pdsch-AggregationFactor                 ENUMERATED { n2, n4, n8 } OPTIONAL
```

频域资源分配类型type0

Type 0使用bitmap指示PDSCH所使用的RBG。

bitmap存储在DCI1-1的Frequency domain resource assignment字段中

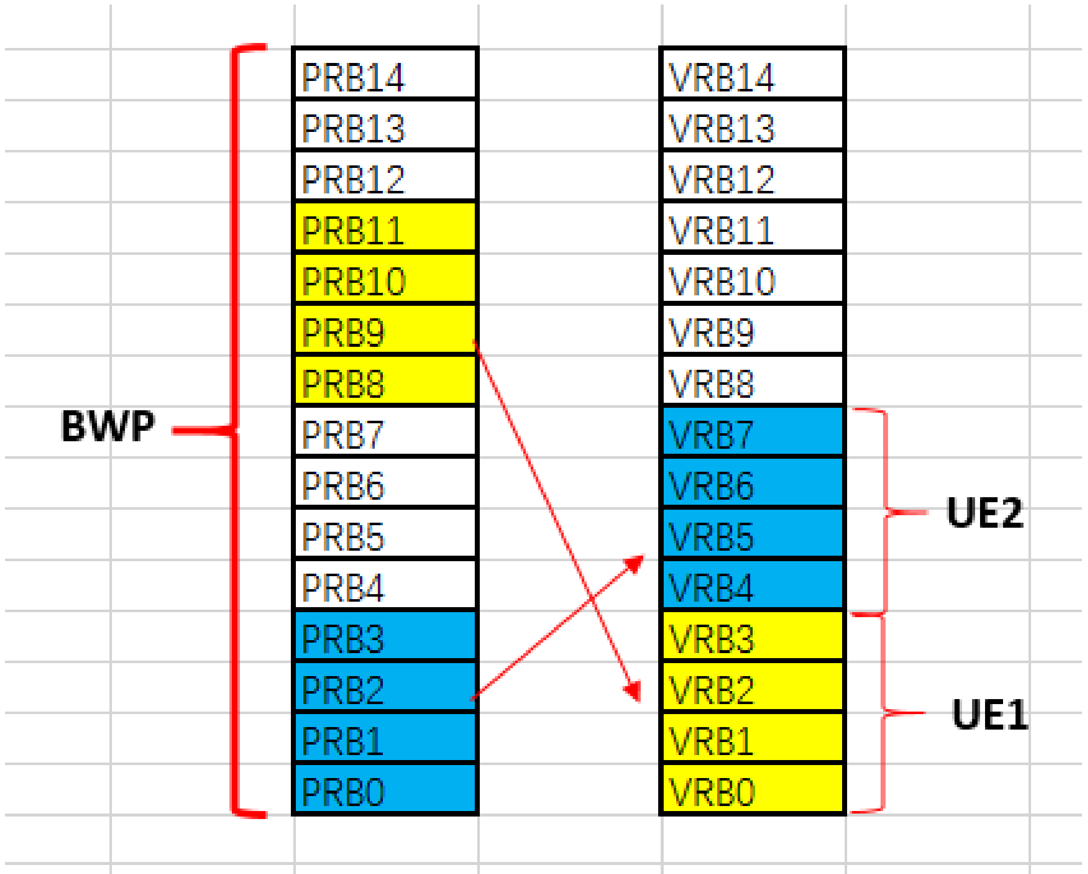
一个RBG是一个VRB group，由P个连续的VRB组成，具体个数由高层参数rbg-Size和BWP带宽决定：

< 38.214 - Table 5.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P, Table 6.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P >

Bandwidth Part Size	Configuration 1	Configuration 2
1 – 36	2	4
37 – 72	4	8
73 – 144	8	16
145 – 275	16	16

从表中可以看出：RBG最小是2个RB，最大是16个RB

VRB与PRB



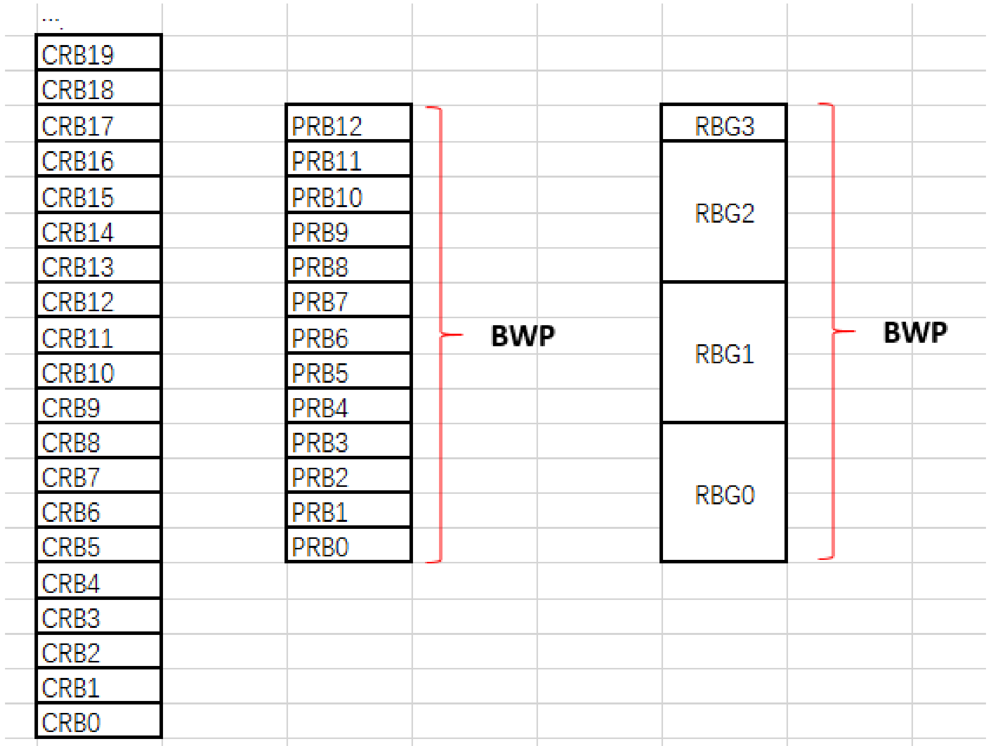
VRB（虚拟资源块）的设定
便于用户资源的调度。

类似考试，考生不需要跟每一个椅子（PRB）一一绑定，给每一个考生一个座位号（VRB），考生通过座位号就可以找到自己的位置。

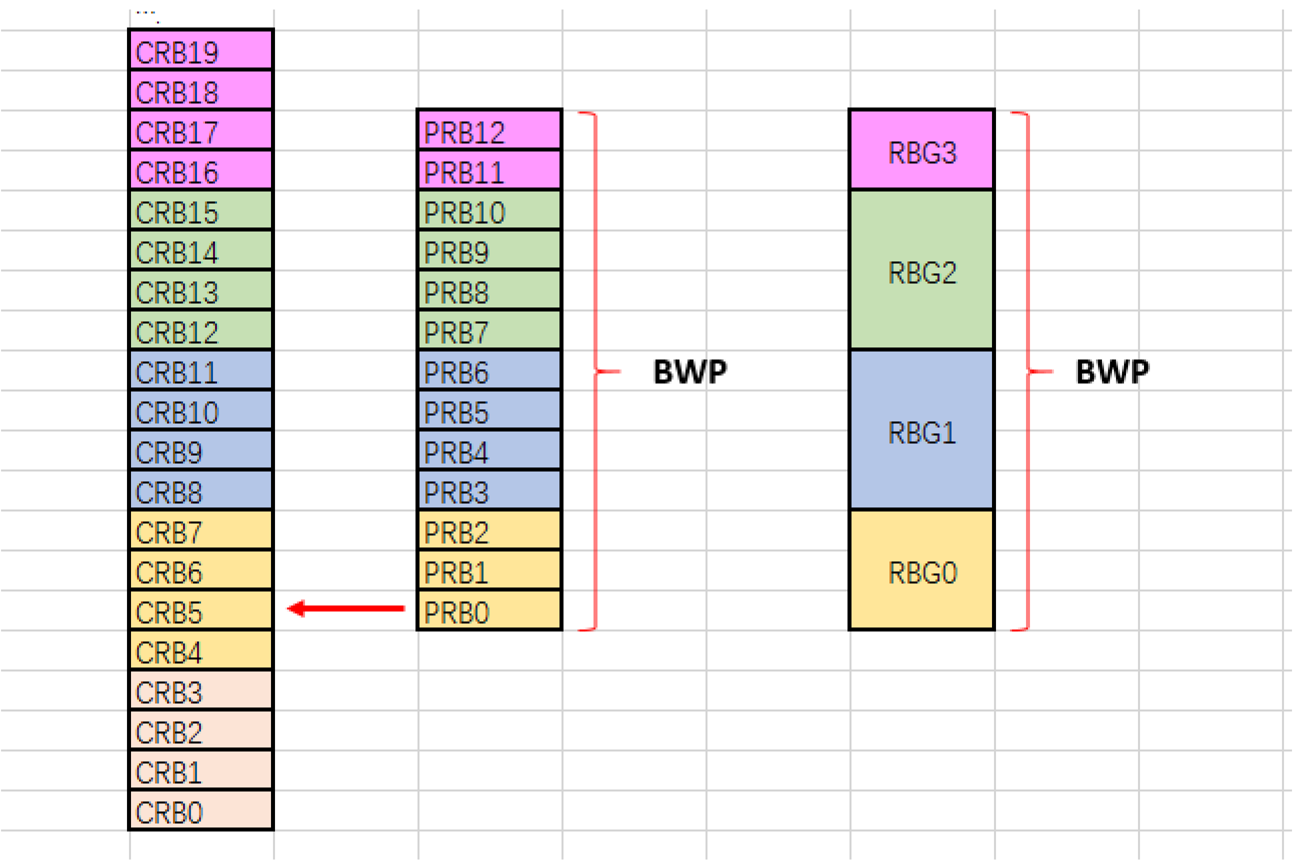
当我们想重新排列考生的位置时，只需要把贴在桌子上的座位号变更一下，而不需要重新挪动椅子。

RBG的编号问题

假设一个RBG占用4个VRB的情况下



错误的RBG编号

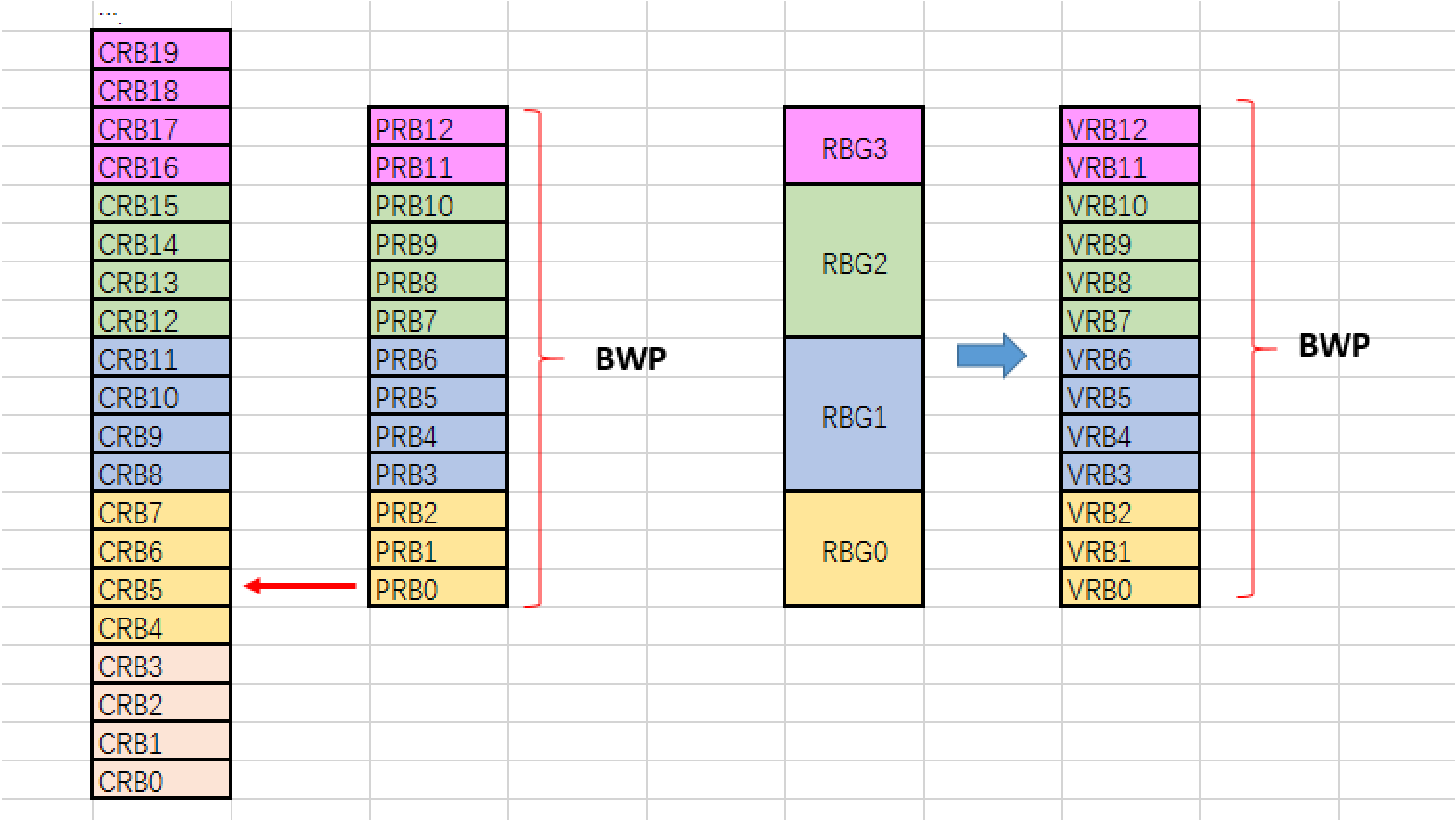


正确的RBG编号

VRB与PRB映射的问题

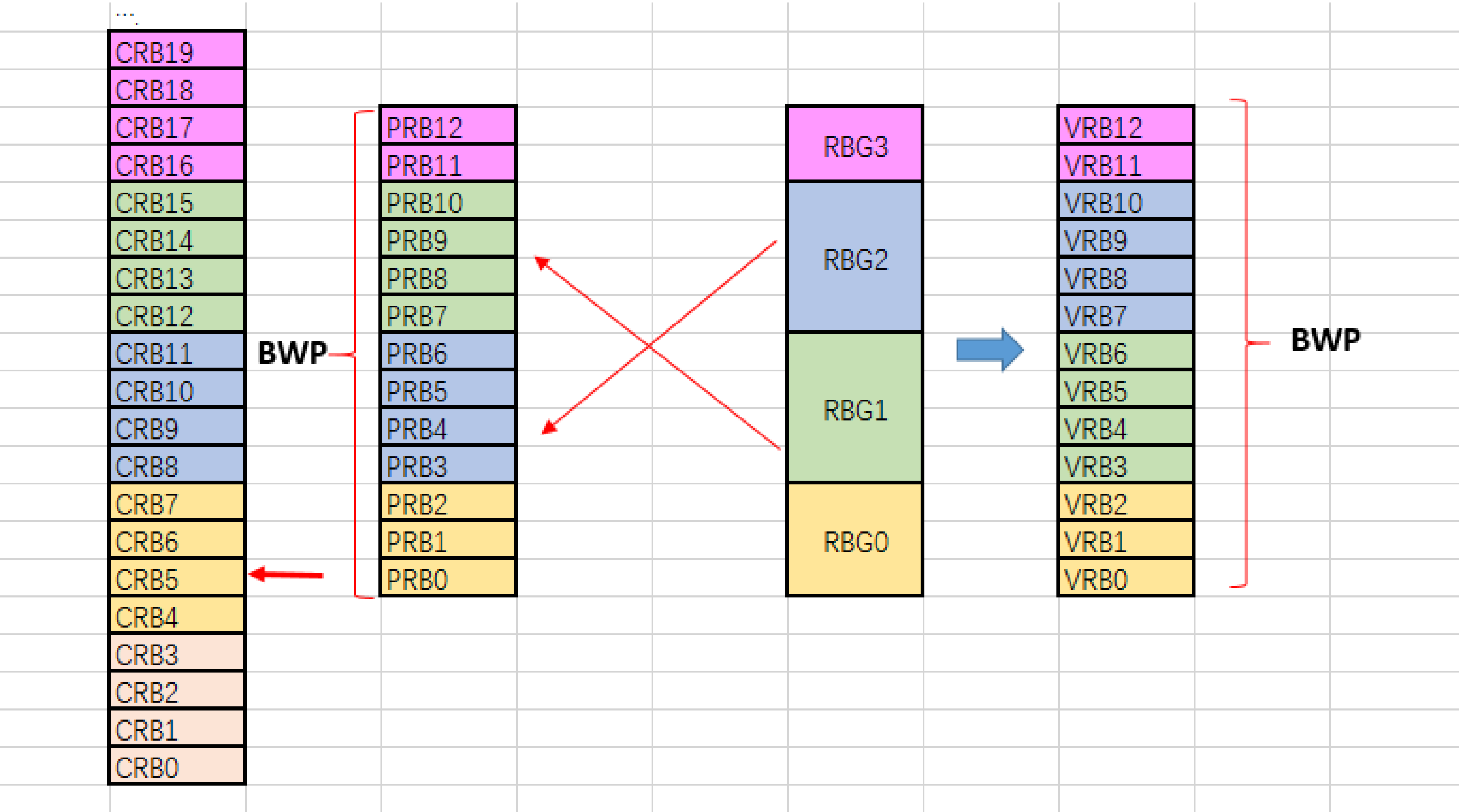
分为交织与非交织映射

下图为非交织映射，VRB与PRB是一一对应的



VRB与PRB映射的问题

下图为交织映射，VRB与PRB不是一一对应的，具体取决于交织算法。



RRC信令中的rbg

```
PDSCH-Config ::=                        SEQUENCE {
    dataScramblingIdentityPDSCH         INTEGER (0..1007)    OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA      SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB      SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL,
    tci-StatesToAddModList                  SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                OF TCI-State    OPTIONAL,   -- Need N
    tci-StatesToReleaseList                 SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofTCI-States))
                                                OF TCI-StateId  OPTIONAL,   -- Need N
    vrb-ToPRB-Interleaver                   ENUMERATED {n2, n4},
    resourceAllocation                      ENUMERATED { resourceAllocationType0,
                                                         resourceAllocationType1,
                                                         dynamicSwitch},
    pdsch-AllocationList                SEQUENCE (SIZE(1..maxNrofDL-Allocations))
                                         OF PDSCH-TimeDomainResourceAllocation     OPTIONAL,
    pdsch-AggregationFactor                 ENUMERATED { n2, n4, n8 } OPTIONAL,
    rateMatchPatternToAddModList            SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                 OF RateMatchPattern    OPTIONAL, -- Need N
    rateMatchPatternToReleaseList           SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                 OF RateMatchPatternId     OPTIONAL, -- Need N
    rateMatchPatternGroup1                  SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                 OF RateMatchPatternId     OPTIONAL, -- Need R
    rateMatchPatternGroup2                  SEQUENCE (SIZE (1..maxNrofRateMatchPatterns))
                                                 OF RateMatchPatternId     OPTIONAL, -- Need R
    rbg-Size                                ENUMERATED {config1, config2},
    mcs-Table                               ENUMERATED {qam64, qam256},
    maxNrofCodeWordsScheduledByDCI          ENUMERATED {n1, n2} OPTIONAL,   -- Need R
    prb-BundlingType                    CHOICE {
        static                                  SEQUENCE {
            bundleSize                              ENUMERATED { n4, wideband }  OPTIONAL
        }
```

RBG与bitmap

Bitmap第一位为最高位，对应的RBG0，顺序映射

假设bitmap为“010101。。。。。

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Bandwidth Size
(1-35)</th><th colspan="2">Bandwidth Size
(37-72)</th><th colspan="2">Bandwidth Size
(73-144)</th><th colspan="2">Bandwidth Size
(145-275)</th></tr>
<tr><th>PRB #</th><th>Config 1</th><th>Config 2</th><th>Config 1</th><th>Config 2</th><th>Config 1</th><th>Config 2</th><th>Config 1</th><th>Config 2</th></tr>
<tr><td>0</td><td rowspan="2">RBG 00</td><td rowspan="4">RBG 00</td><td rowspan="4">RBG 00</td><td rowspan="8">RBG 00</td><td rowspan="8">RBG 00</td><td rowspan="16">RGB 00</td><td rowspan="16">RGB 00</td><td rowspan="16">RGB 00</td></tr>
<tr><td>1</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">RBG 01</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="2">RBG 02</td><td rowspan="4">RBG 01</td><td rowspan="4">RBG 01</td></tr>
<tr><td>5</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="2">RBG 03</td></tr>
<tr><td>7</td></tr>
<tr><td>8</td><td rowspan="2">RBG 04</td><td rowspan="4">RBG 02</td><td rowspan="4">RBG 02</td><td rowspan="8">RBG 01</td><td rowspan="8">RBG 01</td></tr>
<tr><td>9</td></tr>
<tr><td>10</td><td rowspan="2">RBG 05</td></tr>
<tr><td>11</td></tr>
<tr><td>12</td><td rowspan="2">RBG 06</td><td rowspan="4">RBG 03</td><td rowspan="4">RBG 03</td></tr>
<tr><td>13</td></tr>
<tr><td>14</td><td rowspan="2">RBG 07</td></tr>
<tr><td>15</td></tr>
</table>

资源分配Type0举例1

假设：

PDSCH-config中
resource Allocation字段为type0
rbg-Size：configuration 1

RRC信令获取BWP带宽：273RB

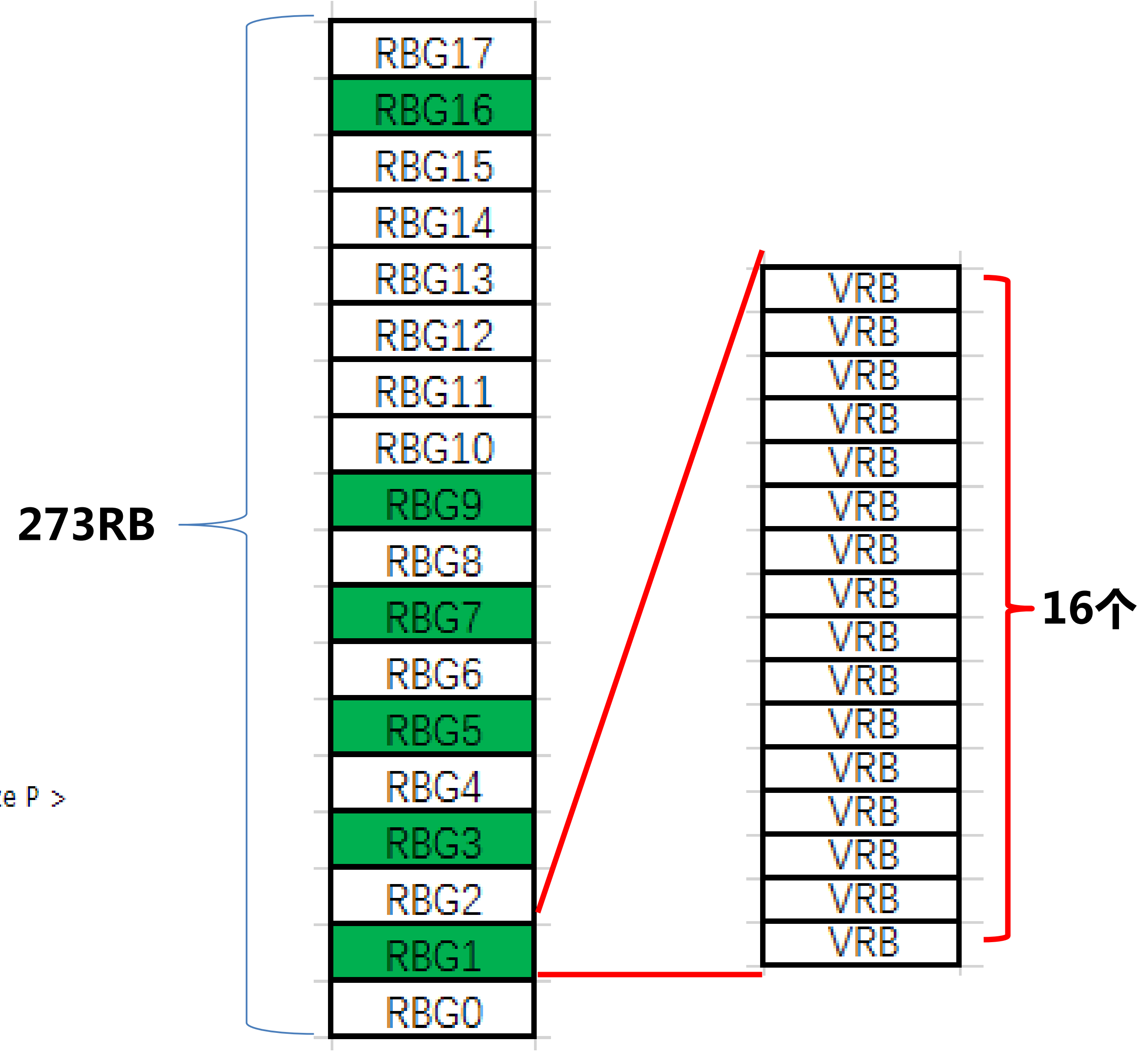
DCI1-1中：

bitmap为“010101010100000010”
非交织映射

可知RBG=16个VRB

< 38.214 - Table 5.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P, Table 6.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P >

Bandwidth Part Size	Configuration 1	Configuration 2
1 – 36	2	4
37 – 72	4	8
73 – 144	8	16
145 – 275	16	16



资源分配Type0举例2

假设：

PDSCH-config中

resource Allocation字段为dynamicswitch

rbg-Size：configuration 1

RRC信令获取BWP带宽：273RB

DCI1-1中：

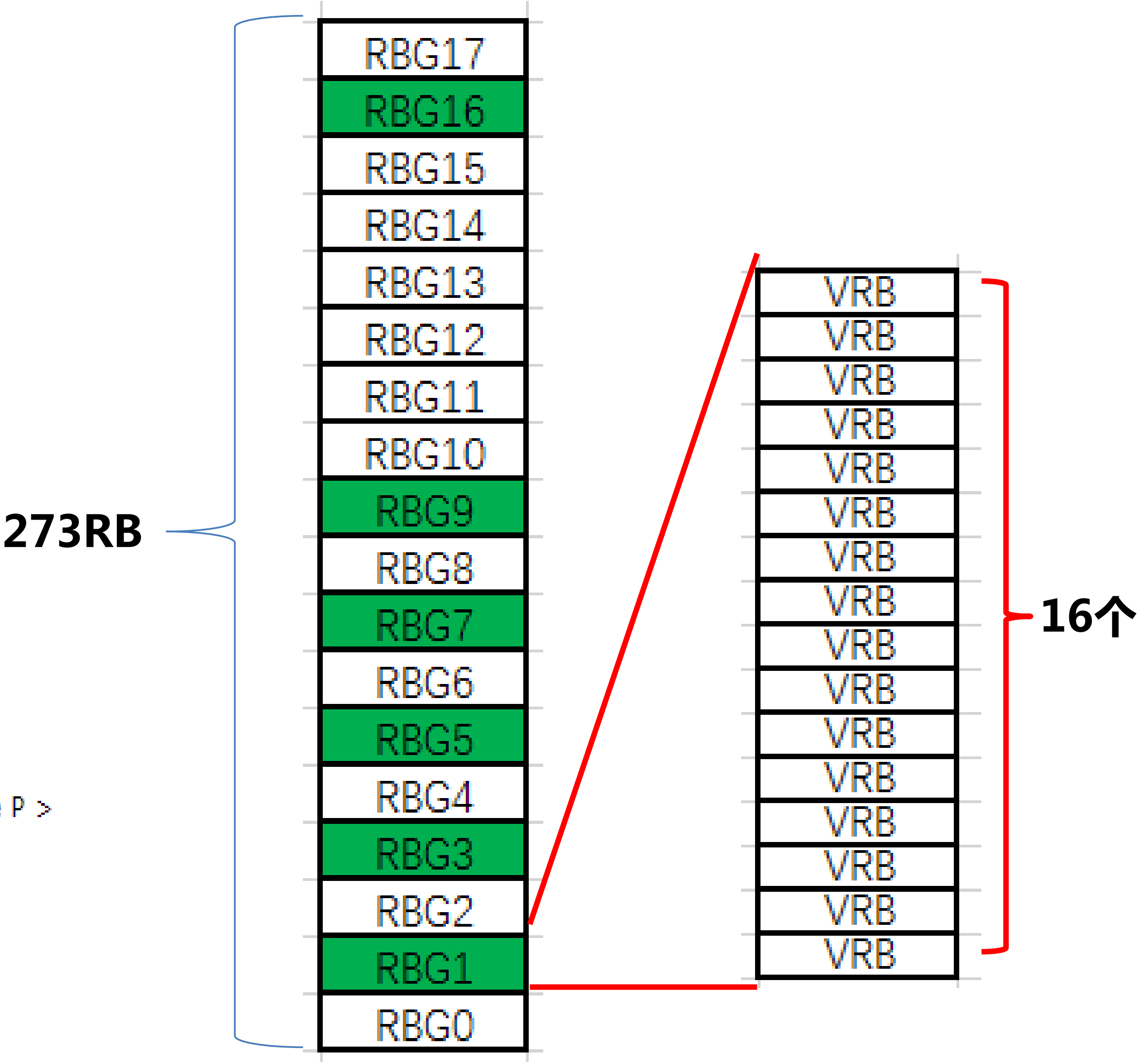
bitmap为“001010101010000010”

非交织映射

可知RBG=16个VRB

< 38.214 - Table 5.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P, Table 6.1.2.2.1-1: Nominal RBG size P >

Bandwidth Part Size	Configuration 1	Configuration 2
1 – 36	2	4
37 – 72	4	8
73 – 144	8	16
145 – 275	16	16



什么时候使用类型type1

DCI1-0主要用于待机状态
DCI1-1主要用户连接态

DCI1-0调度的PDSCH

DCI1-1调度的PDSCH

- PDSCH-config中的resource Allocation字段为type1
- 当PDSCH-config中的resource Allocation字段为dynamicswitch，DCI1-1 Frequency domain resource assignment字段最高位bit为1

Type1的频域资源分配

Type1类型下，只要知道映射的RB起始位置S和映射的连续RB个数L，即可完成映射。而这两个值，与RIV（Resource Indication Value）有换算关系。UE首先得到了RIV，然后反推S和L

这里要注意，在type1中，是按照VRB为单位来分配资源的，type0使用的是RBG，type1分配资源更精细。

RIV 在DCI的 Frequency domain resource assignment字段中

$$\text{if } (L_{RBs}-1) \le \lfloor N_{BWP}^{size}/2 \rfloor \text{ then}$$

$$RIV = N_{BWP}^{size}(L_{RBs}-1)+RB_{start}$$

else

$$RIV = N_{BWP}^{size}(N_{BWP}^{size}-L_{RBs}+1)+(N_{BWP}^{size}-1-RB_{start})$$

在type0中，这个字段表示bitmap，
每一个bit都代表了一个RBG的占用位置

在type1中，这个字段主要是RIV的值
虽然还是2进制bit，但是主要
是在于换算出来的十进制数值RIV。

比如假设字段是：100101
换算成十进制是37，也就是RIV=37

RB_Start表示PDSCH调度的VRB起始RB索引，L_RBs表示VRB的数目

RIV计算举例子

$N_{BWP}^{size}=50 \quad (L_{RBs}-1)\le \lfloor N_{BWP}^{size}/2 \rfloor$

	$L_{RBs}=1$			$L_{RBs}=2$			…	$L_{RBs}=26$		
RB_{Start}	0	1	49	0	1	48	…	0	1	24
RIV	0	1	49	50	51	98	…	1250	1251	1274

$(L_{RBs}-1) > \lfloor N_{BWP}^{size}/2 \rfloor$

	$L_{RBs}=27$			…	$L_{RBs}=48$			$L_{RBs}=49$		$L_{RBs}=50$
RB_{Start}	0	1	23	…	0	1	2	0	1	0
RIV	1249	1248	1226	…	199	198	197	149	148	99

Type1的频域资源分配举例子

假设

PDSCH-config中
resource Allocation字段为type1

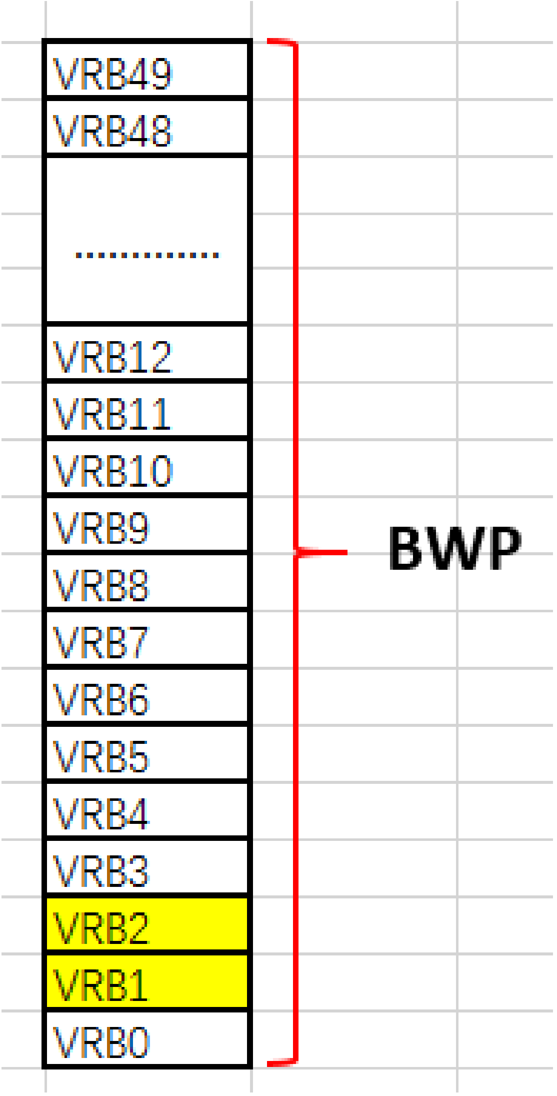
RRC信令获取BWP带宽：N=50RB

DCI1-1中：

Frequency domain resource assignment:110011

110011转换成十进制RIV=51

反推得到S=1，L=2

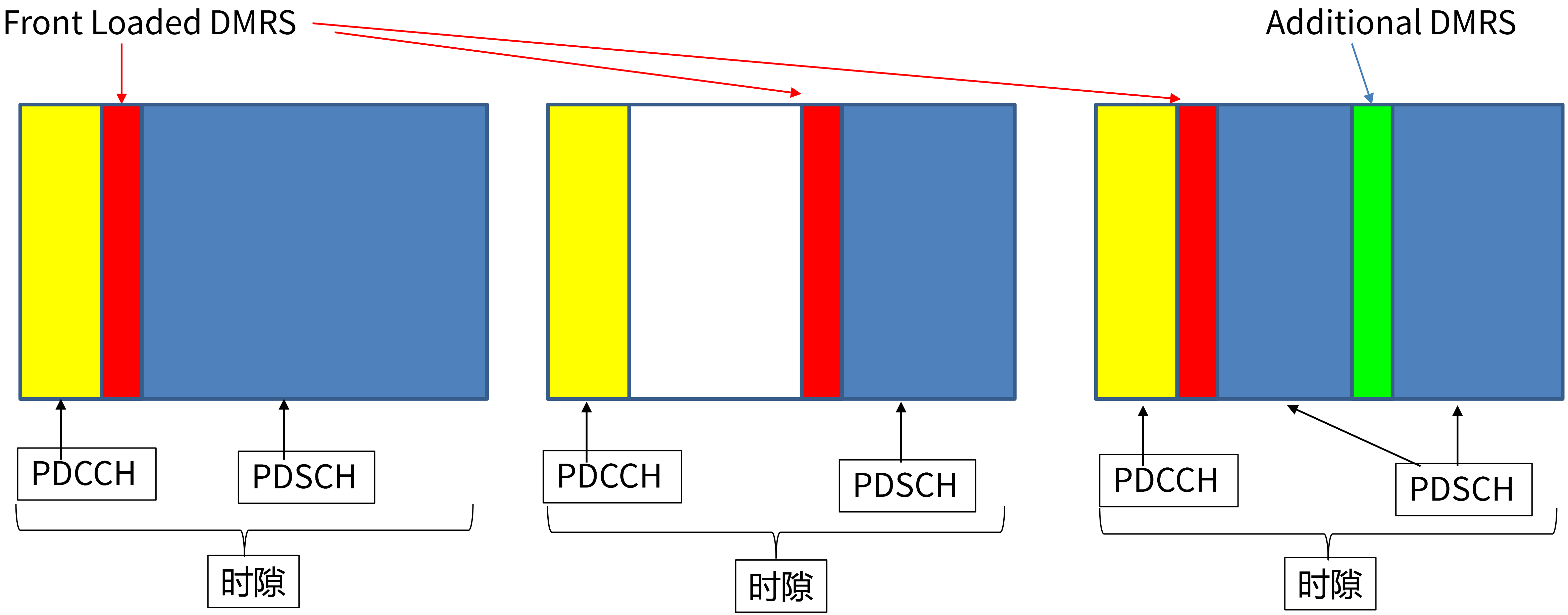


PDSCH中的DMRS

PDSCH的DMRS分类

Front Loaded DMRS，前置DMRS，1~2符号，默认需要配置

Additional DMRS，额外DMRS，1~3符号，由高层配置；UE高速移动场景下进行更精准的信道估计



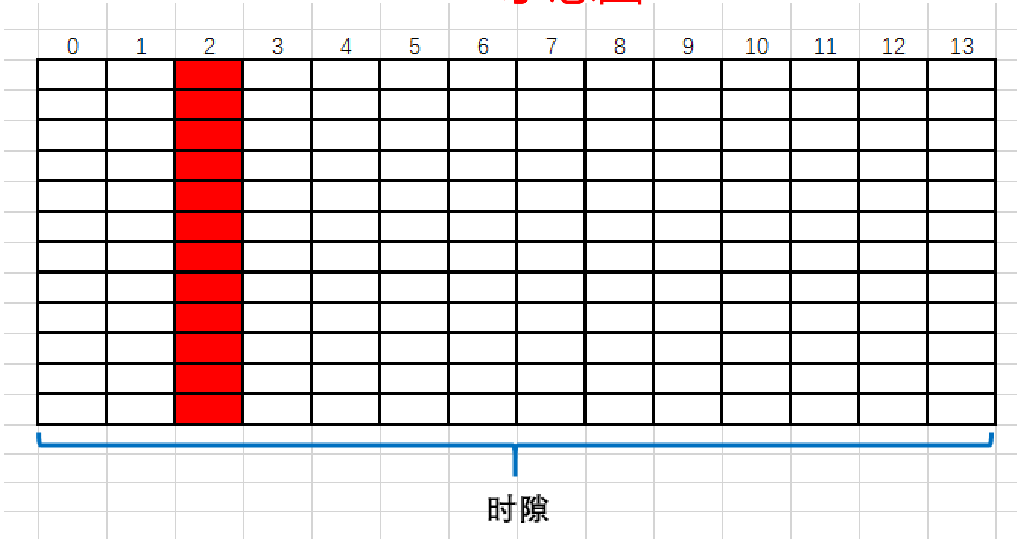
Front Loaded DMRS时域符号起始位

PDSCH 时域分布采用Type A的时候（现网）：

Front Loaded DMRS（前置DMRS）的时域符号起始位置，由MIB里面的dmrs-Type A-Position字段决定可以是符号2或者符号3（pos2，pos3）。

```
MIB ::= SEQUENCE {
    systemFrameNumber                    BIT STRING (SIZE (6)),
    subCarrierSpacingCommon              ENUMERATED {scs15or60, scs30or120},
    ssb-SubcarrierOffset                 INTEGER (0..15),
    dmrs-TypeA-Position                  ENUMERATED {pos2, pos3},
    pdcch-ConfigSIB1                    INTEGER (0..255),
    cellBarred                           ENUMERATED {barred, notBarred},
    intraFreqReselection                 ENUMERATED {allowed, notAllowed},
    spare                                BIT STRING (SIZE (1))
}
```

Pos2示意图



Pos3示意图

Front Loaded DMRS时域占用符号数

Front Loaded DMRS（前置DMRS）的时域占用符号数，由高层信令PDSCH-Config => DMRS-DownlinkConfig => maxLength决定（len1、len2）

```
PDSCH-Config ::=                        SEQUENCE {
    ...
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    ...
}

DMRS-DownlinkConfig ::=               SEQUENCE {
    dmrs-Type                    ENUMERATED {type2}                OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-AdditionalPosition      ENUMERATED {pos0, pos1, pos3}     OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group1                  BIT STRING (SIZE (12))            OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group2                  BIT STRING (SIZE (12))            OPTIONAL,   -- Need R
    maxLength                    ENUMERATED {len2}                 OPTIONAL,   -- Need R
    scramblingID0                INTEGER (0..65535)                OPTIONAL,   -- Need S
    scramblingID1                INTEGER (0..65535)                OPTIONAL,   -- Need S
    phaseTrackingRS              SetupRelease { PTRS-DownlinkConfig }   OPTIONAL,   -- Need M
    ...
}
```

占1个符号（len1）

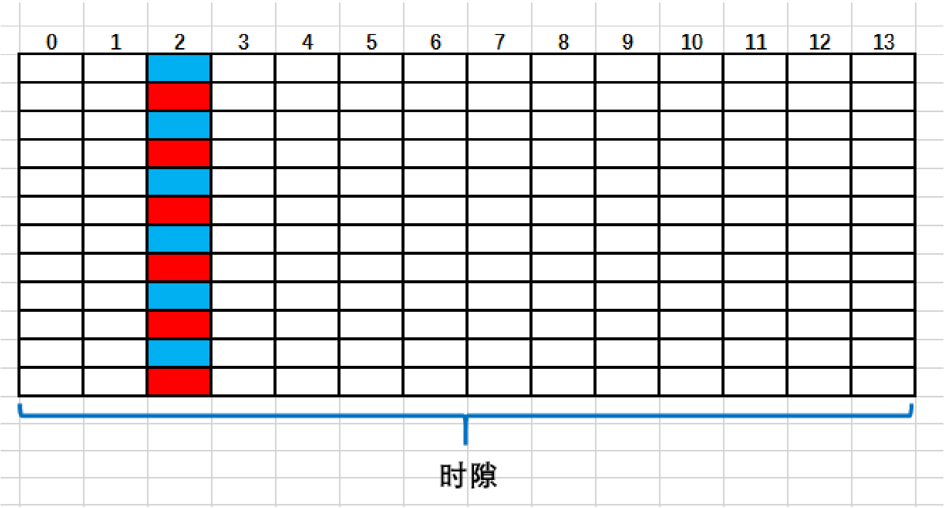
占2个符号（len2）

Front Loaded DMRS频域分布

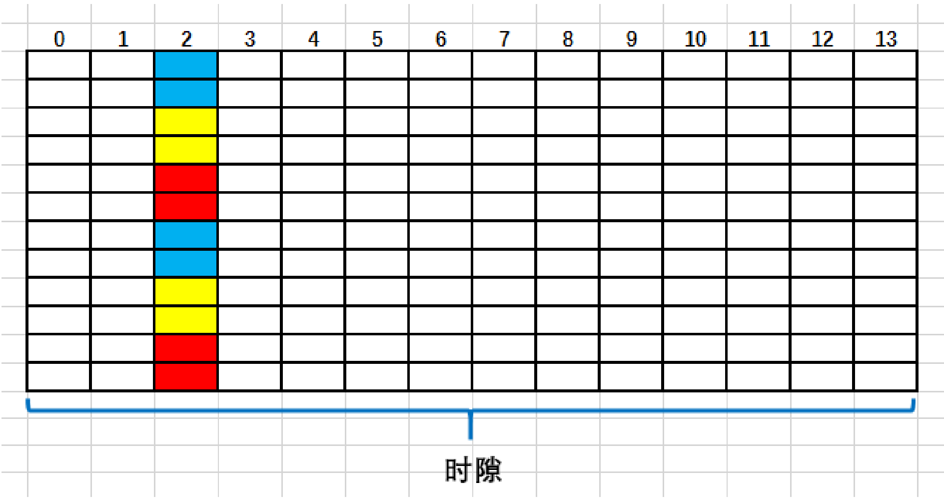
DMRS频域映射方式分为 type 1和 type 2两种，由高层信令PDSCH-Config => DMRS-DownlinkConfig => drms-Type指示.如果该field未配置，则默认为 type 1。

```
PDSCH-Config ::=                        SEQUENCE {
    ...
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    ...
}

DMRS-DownlinkConfig ::=                 SEQUENCE {
    dmrs-Type                   ENUMERATED {type2}                  OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-AdditionalPosition     ENUMERATED {pos0, pos1, pos3}       OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group1                 BIT STRING (SIZE (12))              OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group2                 BIT STRING (SIZE (12))              OPTIONAL,   -- Need R
    maxLength                   ENUMERATED {len2}                   OPTIONAL,   -- Need R
    scramblingID0               INTEGER (0..65535)                  OPTIONAL,   -- Need S
    scramblingID1               INTEGER (0..65535)                  OPTIONAL,   -- Need S
    phaseTrackingRS             SetupRelease { PTRS-DownlinkConfig }  OPTIONAL, -- Need M
    ...
}
```

一个问题：这里面的画不同颜色的DMRS是怎么回事？



Type1，频域上间隔一个符号

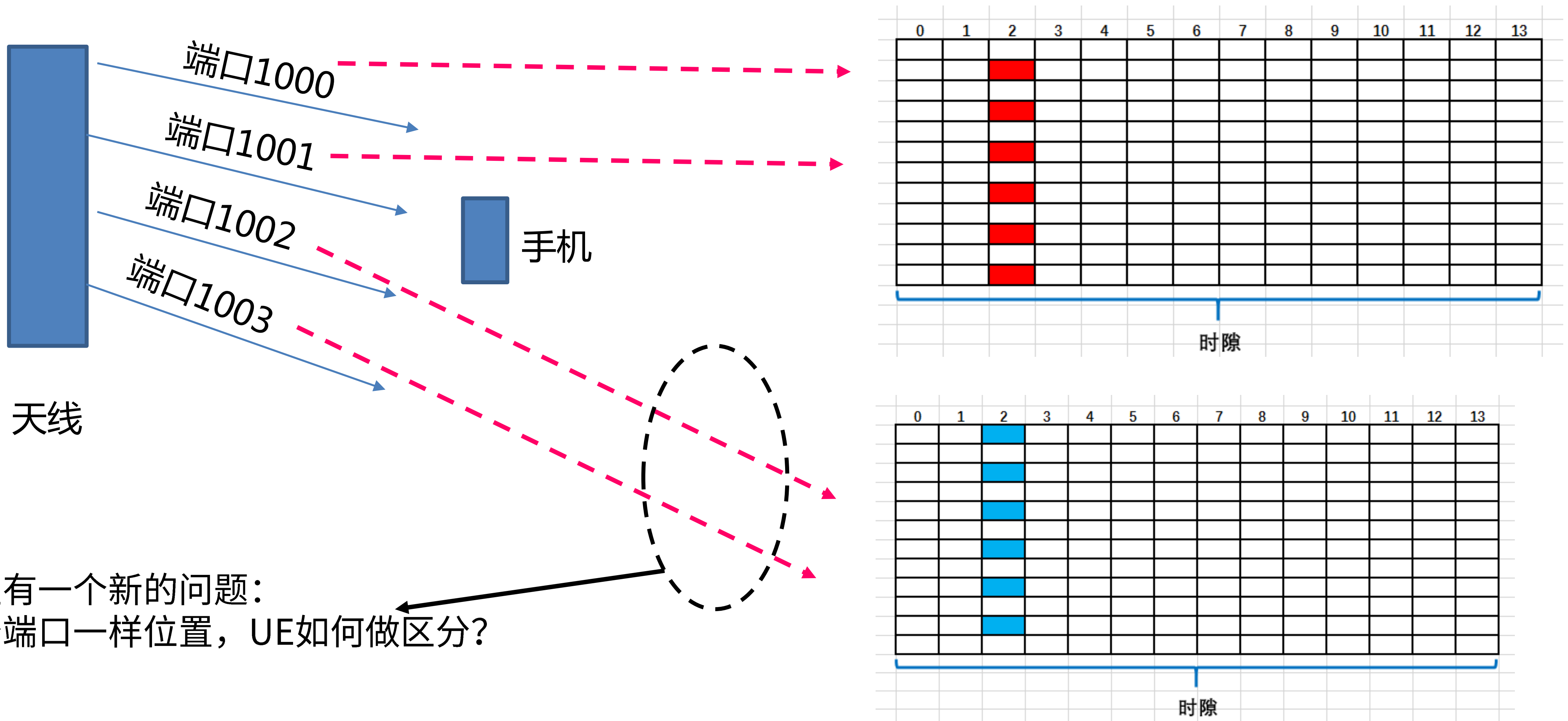


Type2频域上连续2个符号做间隔

PDSCH天线端口

由于5G支持多天线模式（MIMO），对于UE来说，不同的数据流通过不同的天线端口发射，
为了更好的区分不同天线端口的数据流，不同天线端口所发送数据的DMRS位置做了一定的区分。

举例说明：假设DMRS以Type1类型分布，下行4流发射信息



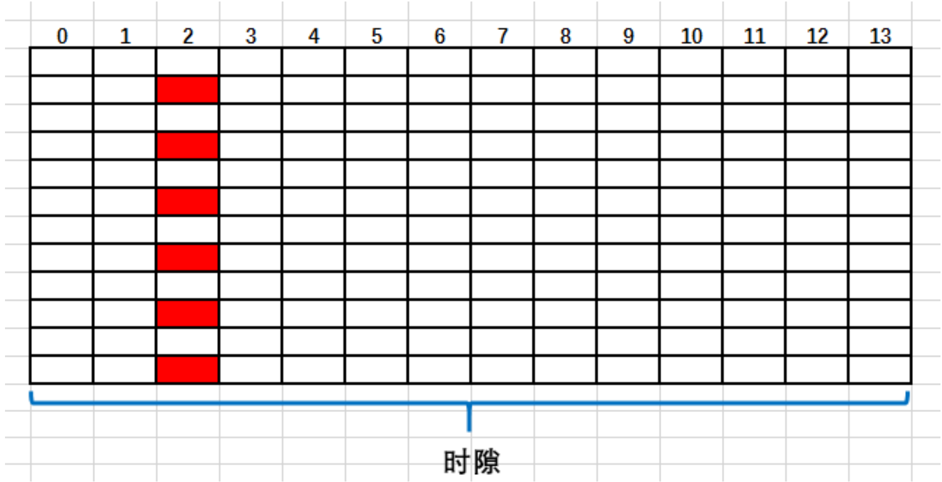
这里有一个新的问题：
两个端口一样位置，UE如何做区分？

如何区分DMRS位置相同的两个天线端口

NR使用了最基本的**码分复用**，来区分DMRS位置相同的两个不同天线端口。

端口1000

端口1001



占用相同的位置的天线端口，他们的DMRS使用相同码组（CDM）里面的不同码，来给DMRS做区分。

简单逻辑如下：

端口0---DMRS0---R0
端口1---DMRS1---R1

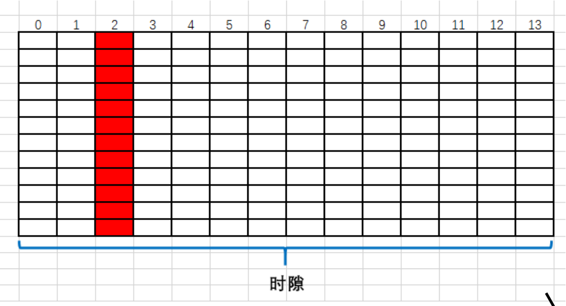
CDM码

DMRS0*R0 发射 → DMRS0*R0*R0=DMRS0 → 解码端口0的信息

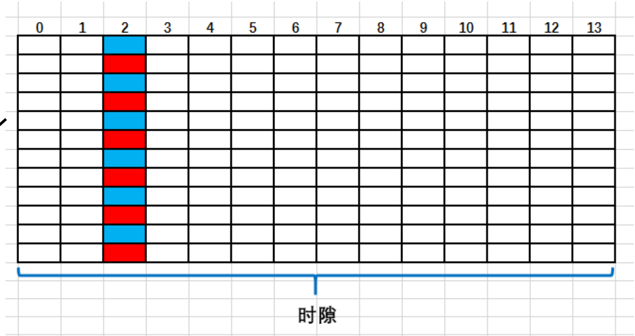
DMRS0*R0 发射 → DMRS0*R0*R1=0 → 用端口1的码无法解码端口0的信息

PDSCH有几个天线端口？

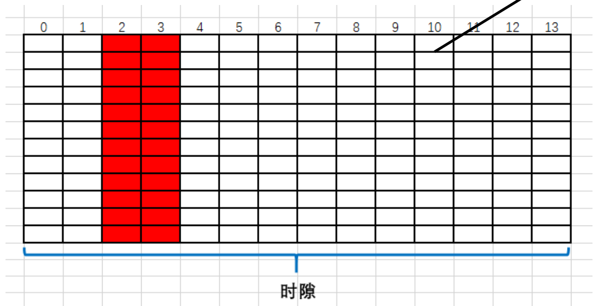
天线端口数量，与DMRS时域上占用几个符号，以及频域上是使用type0还是type1有关



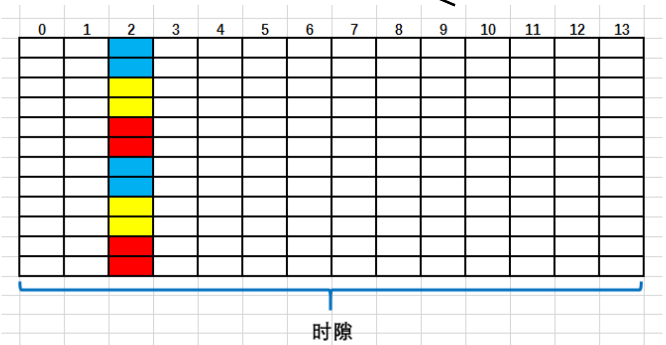
对于DMRS type1，天线端口有4或者8端口
对于DMRS type2，天线端口有6或者12端口



Single or double symbol DM-RS	l'	Supported antenna ports p	
		Configuration type 1	Configuration type 2
single	0	1000 – 1003	1000 – 1005
double	0, 1	1000 – 1007	1000 – 1011

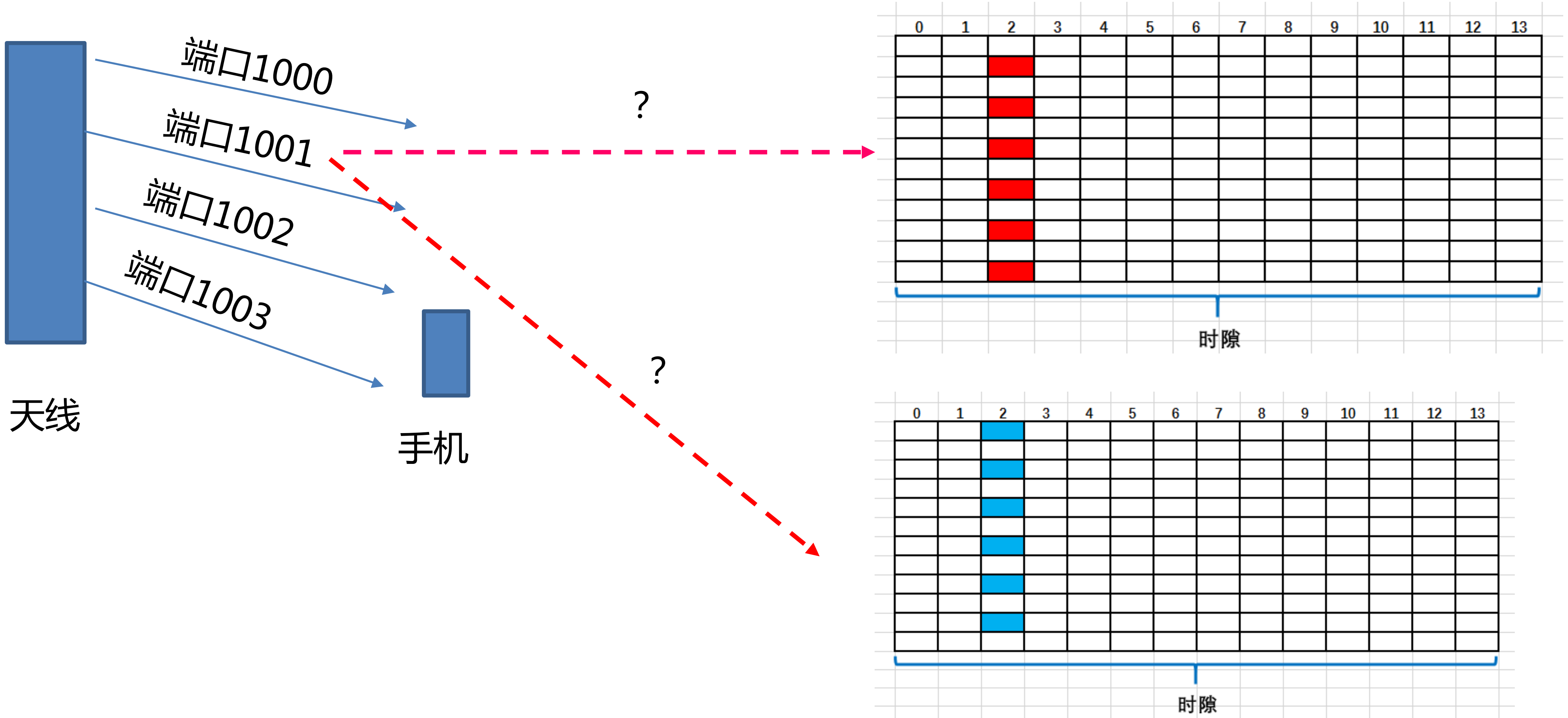


换句话说，5G支持12端口，就意味着理论上支持下行12流！目前的限制在4流是因为目前5G手机设计上都只有4根天线。



新的问题？

对于某一个天线端口，频域上到底映射到哪个位置?----答案是：取决于映射公式，以及配置表格



DMRS频域映射公式

DMRS频域分布通过如下公式映射到RE

$$k = \begin{cases} 4n + 2k' + \Delta & \text{Configuration type 1} \\ 6n + k' + \Delta & \text{Configuration type 2} \end{cases}$$

$$k' = 0,1$$

$$n = 0,1,\ldots$$

K值就是频域位置

< 38.211 - Table 7.4.1.1.2-1: Parameters for PDSCH DM-RS configuration type 1 >

p	CDM group	Δ	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
			$k'=0$	$k'=1$	$l'=0$	$l'=1$
1000	0	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	0	+1	-1	+1	+1
1002	1	1	+1	+1	+1	+1
1003	1	1	+1	-1	+1	+1
1004	0	0	+1	+1	+1	-1
1005	0	0	+1	-1	+1	-1
1006	1	1	+1	+1	+1	-1
1007	1	1	+1	-1	+1	-1

< 38.211 - Table 7.4.1.1.2-2: Parameters for PDSCH DM-RS configuration type 2 >

p	CDM group	Δ	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
			$k'=0$	$k'=1$	$l'=0$	$l'=1$
1000	0	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	0	+1	-1	+1	+1
1002	1	2	+1	+1	+1	+1
1003	1	2	+1	-1	+1	+1
1004	2	4	+1	+1	+1	+1
1005	2	4	+1	-1	+1	+1
1006	0	0	+1	+1	+1	-1
1007	0	0	+1	-1	+1	-1
1008	1	2	+1	+1	+1	-1
1009	1	2	+1	-1	+1	-1
1010	2	4	+1	+1	+1	-1
1011	2	4	+1	-1	+1	-1

举例子

假设使用Type1，天线端口1000，

查表得知 Δ=0

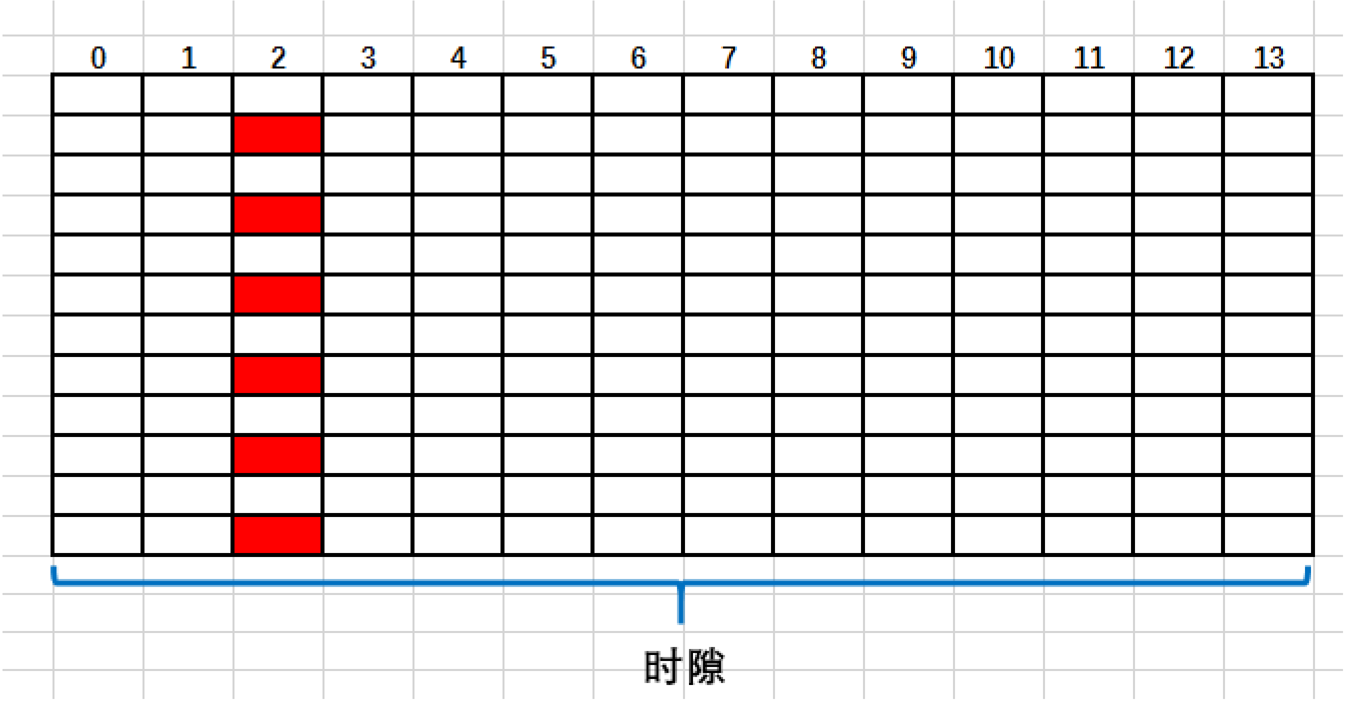
当K’=0 K=4n，因为n=0,1,2…得到K=0,4,8,12,16…

当K’=1 K=4n+2, 因为n=0,1,2…得到K=2,6,10,14…

所以，天线端口1000,的DMRS频域位置就是：0.2.4.6…

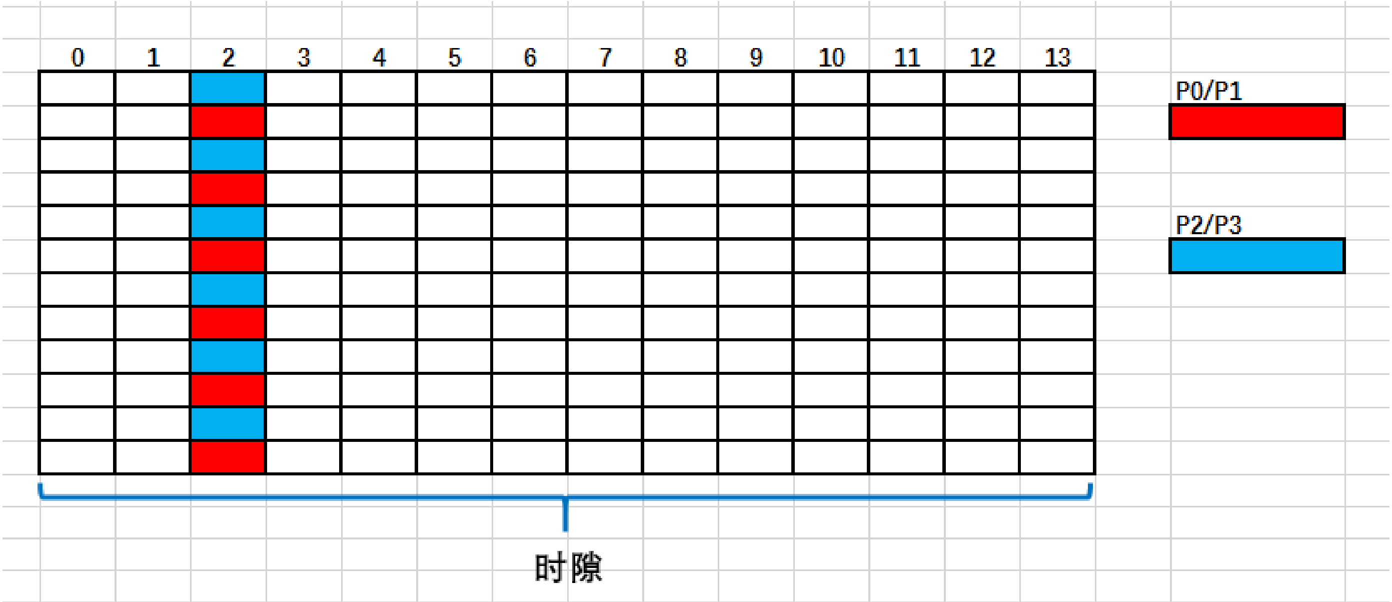
天线端口1000的频域分布图

频域分布Type1,天线端口1000,的DMRS频域位置就是：0.2.4.6.8.10···

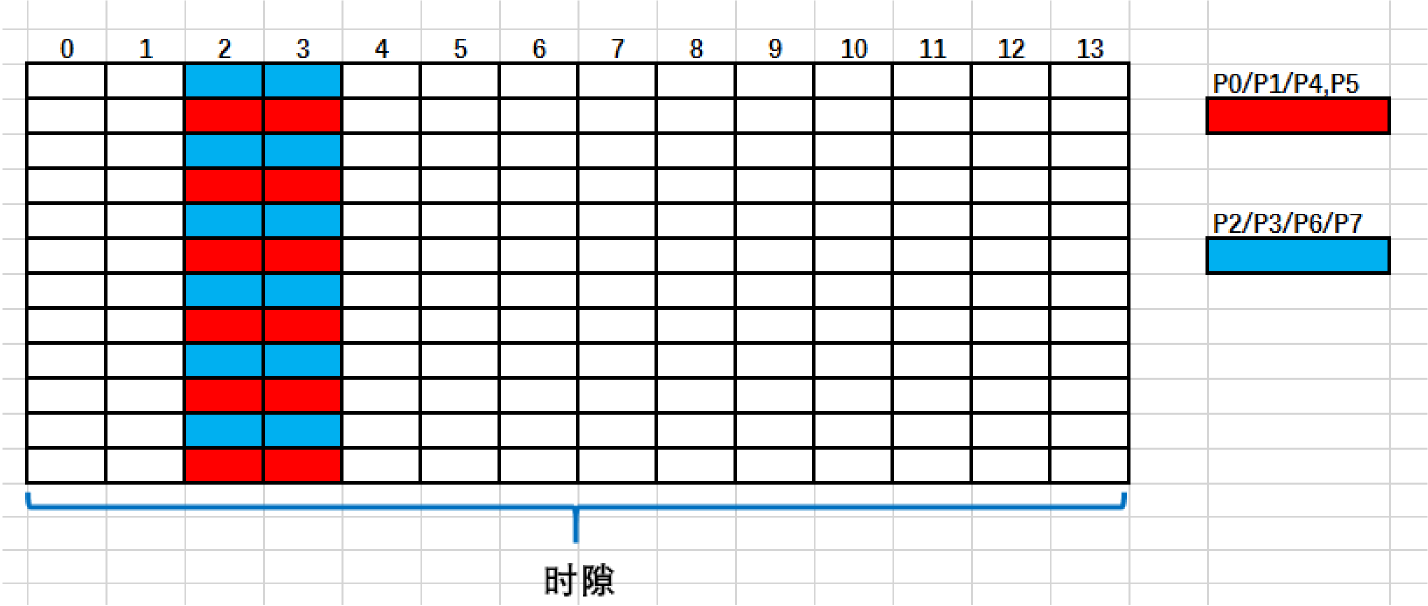


接下来我们把所有的天线端口对应的DMRS图全部画出来

DMRS type1

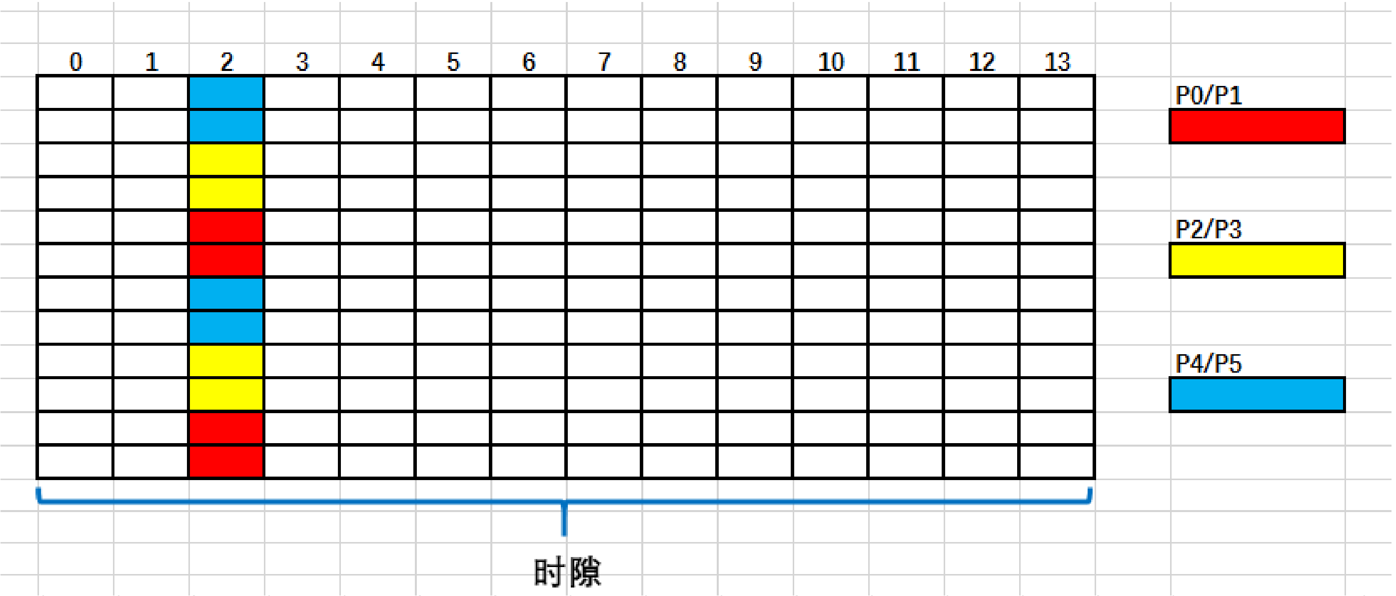


- 端口0,1码分复用，属于CDM组0
- 端口2,3码分复用，属于CDM组1

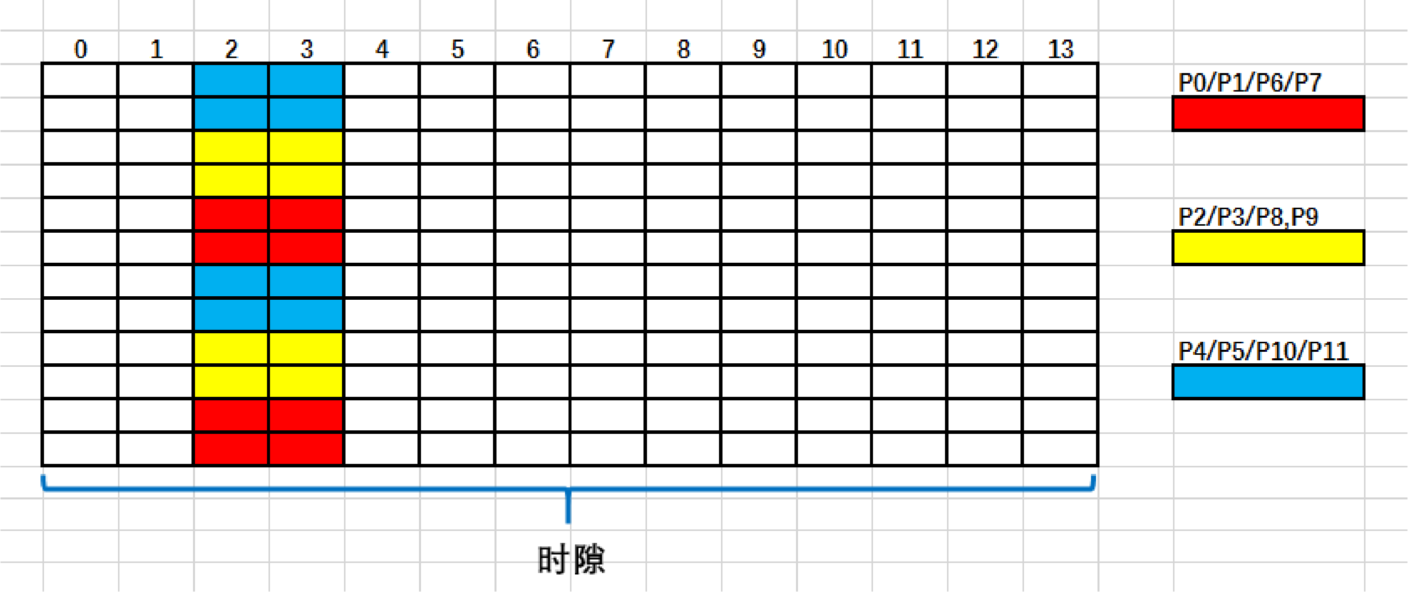


- 端口0,1,4,5码分复用，属于CDM组0
- 端口2,3,6,7码分复用，属于CDM组1

DMRS type2



- 端口0,1码分复用，属于CDM组0
- 端口2,3码分复用，属于CDM组1
- 端口4,5码分复用，属于CDM组2

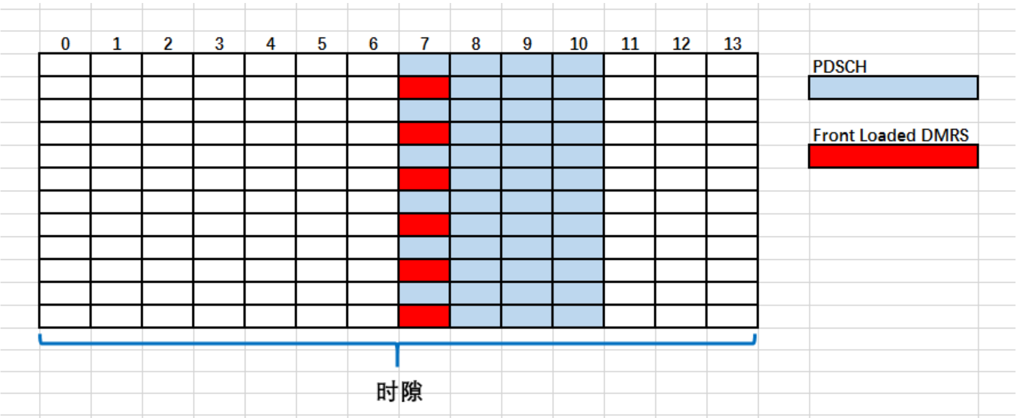


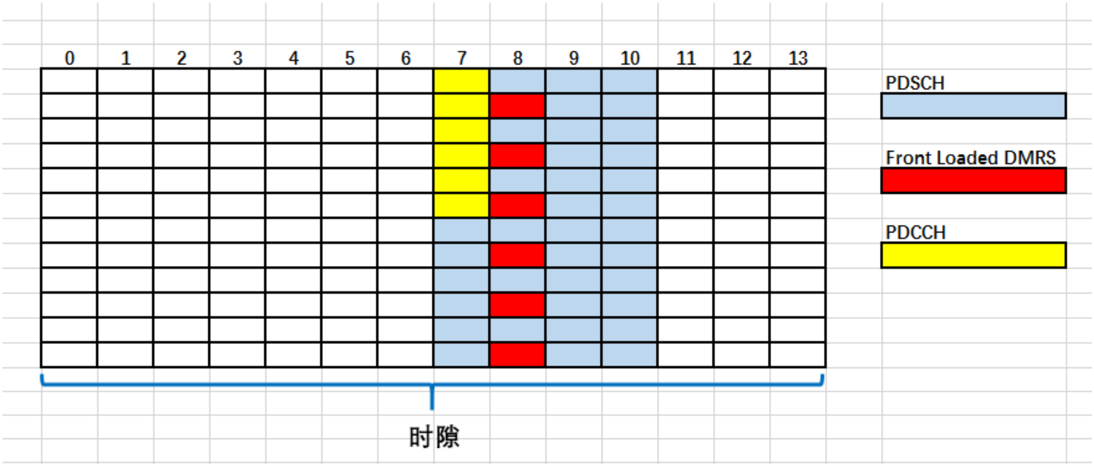
- 端口0,1,6,7码分复用，属于CDM组0
- 端口2,3,8,9码分复用，属于CDM组1
- 端口4,5,10,11码分复用，属于CDM组2

Front Loaded DMRS时域符号起始位

PDSCH 时域分布采用Type B的时候（mini slot）：

时域位置一般在PDSCH的第一个符号，由于mini-slot时域上最长也只能占用7个符号，因此，在这种情况下，front loaded DMRS 主要占用1个符号。





如果刚好在PDSCH区域有PDCCH，则DMRS位置向后挪

Additional DMRS

Additional DMRS（额外DMRS）为UE高速移动场景下进行更精准的信道估计。

由高层参数PDSCH-Config=>DMRS-DownlinkConfig=>dmrs-Additional Position配置。

dmrs-Additional Position取值：pos0，pos1，pos2，pos3（代表数值0,1,2,3）

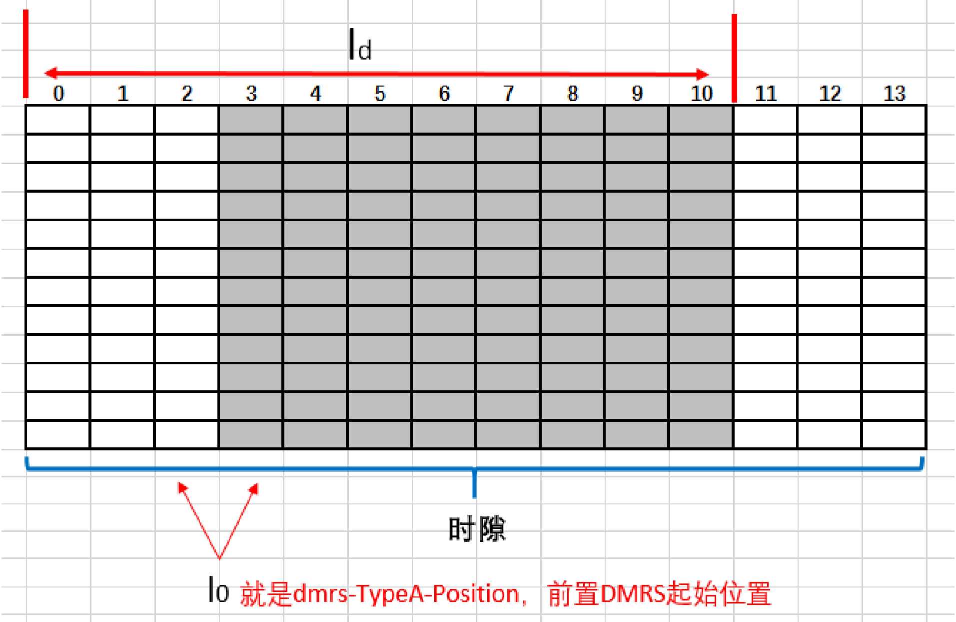
```
PDSCH-Config ::=                        SEQUENCE {
    ...
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeA     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    dmrs-DownlinkForPDSCH-MappingTypeB     SetupRelease { DMRS-DownlinkConfig }
    ...
}

DMRS-DownlinkConfig ::=                 SEQUENCE {
    dmrs-Type                   ENUMERATED {type2}                      OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-AdditionalPosition     ENUMERATED {pos0, pos1, pos3}           OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group1                 BIT STRING (SIZE (12))                  OPTIONAL,   -- Need R
    dmrs-group2                 BIT STRING (SIZE (12))                  OPTIONAL,   -- Need R
    maxLength                   ENUMERATED {len2}                       OPTIONAL,   -- Need R
    scramblingID0               INTEGER (0..65535)                      OPTIONAL,   -- Need S
    scramblingID1               INTEGER (0..65535)                      OPTIONAL,   -- Need S
    phaseTrackingRS             SetupRelease { PTRS-DownlinkConfig  }   OPTIONAL,   -- Need M
    ...
}
```

参数代表additional DMRS的位置，需要查表来查询。

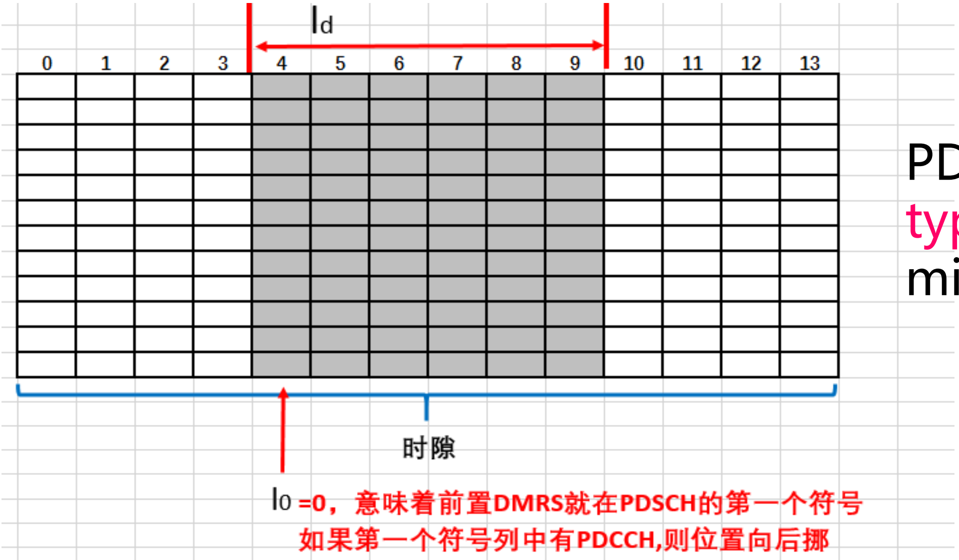
DMRS单符号表

Table 7.4.1.1.2-3: PDSCH DM-RS positions $\bar{l}$ for single-symbol DM-RS.

l_d in symbols	DM-RS positions $\bar{l}$							
	PDSCH mapping type A				PDSCH mapping type B			
	dmrs-AdditionalPosition				*dmrs-AdditionalPosition*			
	0	*1*	*2*	*3*	*0*	*1*	*2*	*3*
2	-	-	-	-	l_0	l_0		
3	l_0	l_0	l_0	l_0	-	-		
4	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0		
5	l_0	l_0	l_0	l_0	-	-		
6	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0,4		
7	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0,4		
8	l_0	l_0, 7	l_0, 7	l_0, 7	-	-		
9	l_0	l_0, 7	l_0, 7	l_0, 7	-	-		
10	l_0	l_0, 9	l_0, 6, 9	l_0, 6, 9	-	-		
11	l_0	l_0, 9	l_0, 6, 9	l_0, 6, 9	-	-		
12	l_0	l_0, 9	l_0, 6, 9	l_0, 5, 8, 11	-	-		
13	l_0	l_0, l_1	l_0, 7, 11	l_0, 5, 8, 11	-	-		
14	l_0	l_0, l_1	l_0, 7, 11	l_0, 5, 8, 11	-	-		



PDSCH
typeA
Slot



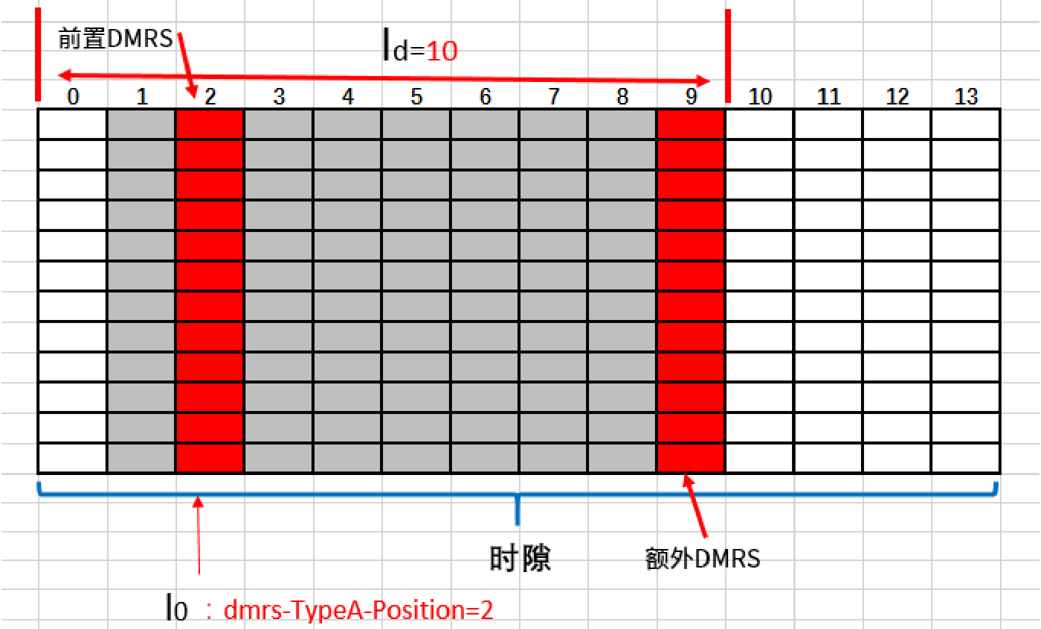
PDSCH
typeB
minislot

举个例子

Table 7.4.1.1.2-3: PDSCH DM-RS positions $\bar{l}$ for single-symbol DM-RS.

l_d in symbols	DM-RS positions $\bar{l}$							
	PDSCH mapping type A				PDSCH mapping type B			
	dmrs-AdditionalPosition				*dmrs-AdditionalPosition*			
	0	*1*	*2*	*3*	*0*	*1*	*2*	*3*
2	-	-	-	-	l_0	l_0		
3	l_0	l_0	l_0	l_0	-	-		
4	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0		
5	l_0	l_0	l_0	l_0	-	-		
6	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0,4		
7	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0	l_0,4		
8	l_0	l_0, 7	l_0, 7	l_0, 7	-	-		
9	l_0	l_0, 7	l_0, 7	l_0, 7	-	-		
10	l_0	$\boxed{l_0, 9}$	l_0, 6, 9	l_0, 6, 9	-	-		
11	l_0	l_0, 9	l_0, 6, 9	l_0, 6, 9	-	-		
12	l_0	l_0, 9	l_0, 6, 9	l_0, 5, 8, 11	-	-		
13	l_0	l_0, l_1	l_0, 7, 11	l_0, 5, 8, 11	-	-		
14	l_0	l_0, l_1	l_0, 7, 11	l_0, 5, 8, 11	-	-		

假设：
PDSCH使用typeA模式（时隙调度模式）
Dmrs时域使用的是单符号
dmrs-TypeA-Position =2
PDSCH占用symbol = 1~9
dmrs-Additional Position：1，结果如图所示



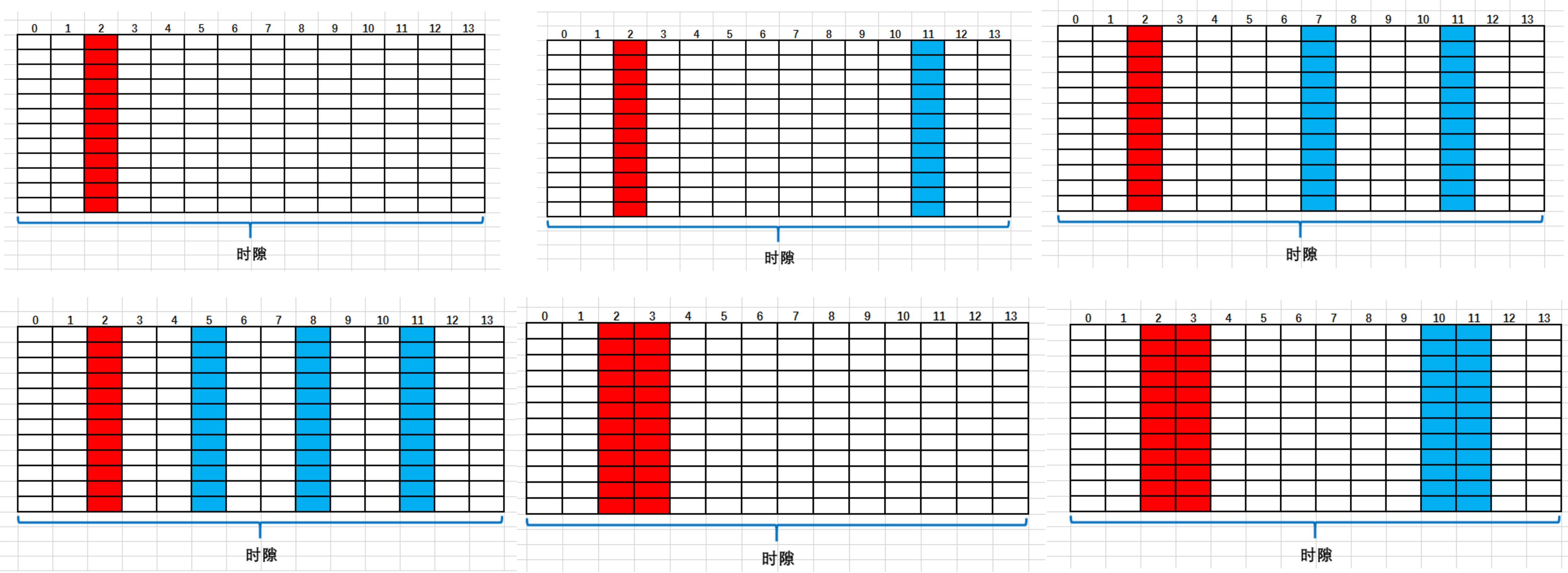
DMRS双符号表

l_d in symbols	DM-RS positions $\bar{l}$					
	PDSCH mapping type A			PDSCH mapping type B		
	dmrs-AdditionalPosition			dmrs-AdditionalPosition		
	0	1	2	0	1	2
<4				-	-	
4	l_0	l_0		-	-	
5	l_0	l_0		-	-	
6	l_0	l_0		l_0	l_0	
7	l_0	l_0		l_0	l_0	
8	l_0	l_0		-	-	
9	l_0	l_0		-	-	
10	l_0	l_0, 8		-	-	
11	l_0	l_0, 8		-	-	
12	l_0	l_0, 8		-	-	
13	l_0	l_0, 10		-	-	
14	l_0	l_0, 10		-	-	

PDSCH typeA DMRS全景图

Front Loaded DMRS

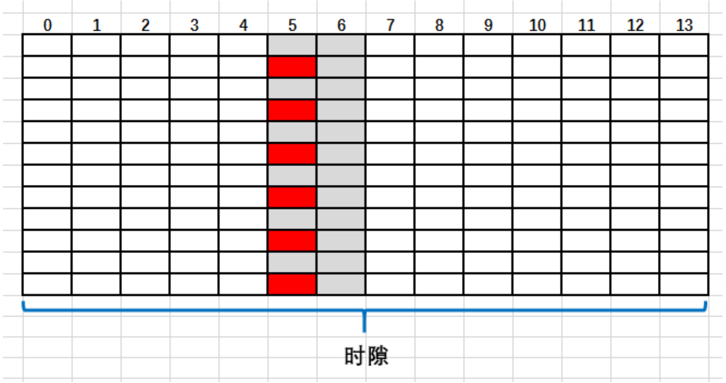
Additional DMRS

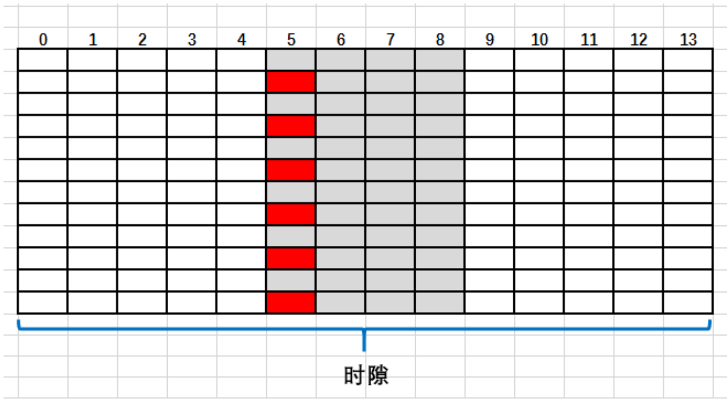


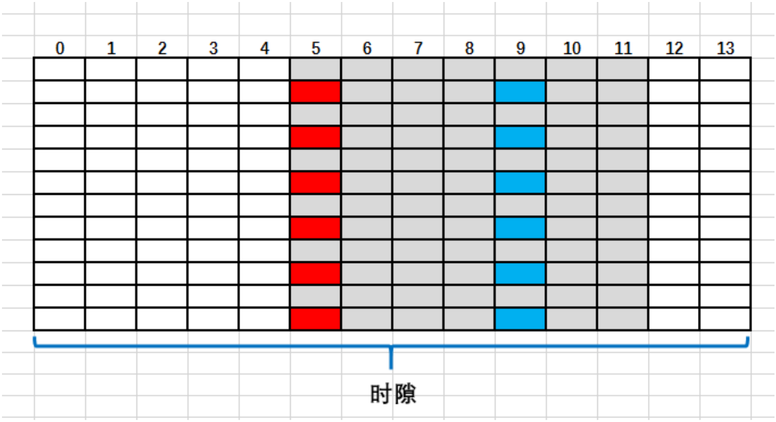
PDSCH typeB DMRS全景图

Front Loaded DMRS

Additional DMRS







PDSCH占用7个符号
（*扩展CP占用6个符号）

感谢观看