

# 5G帧结构与资源详解

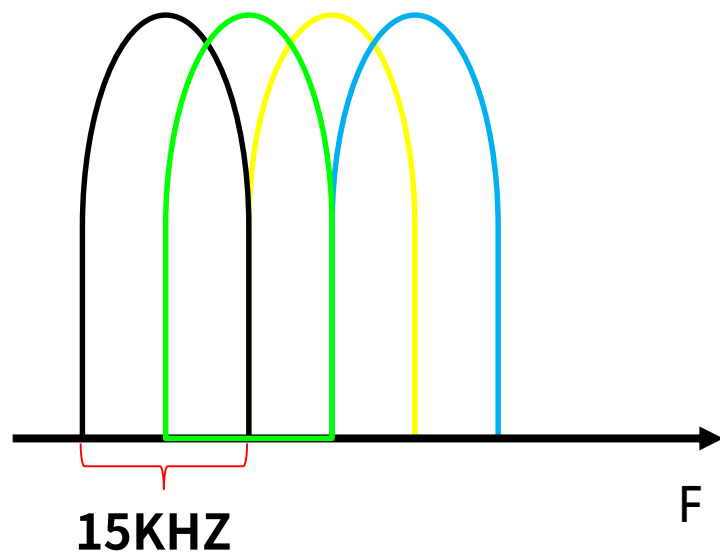
讲师：捻叶成剑

# F-OFDM

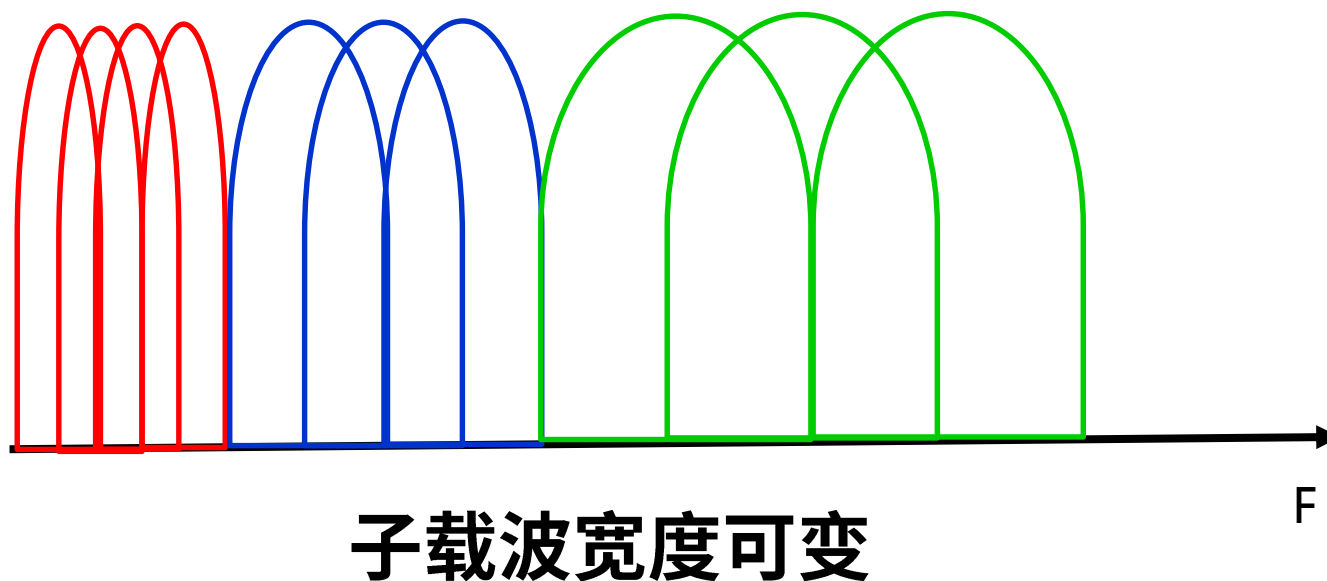
## F-OFDM (Filtered Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 基于滤波的正交频分复用

① 可以适应更高速度的用户移动

5G NR要求支持最大达到  
500km/h的终端移动速度



4G OFDM

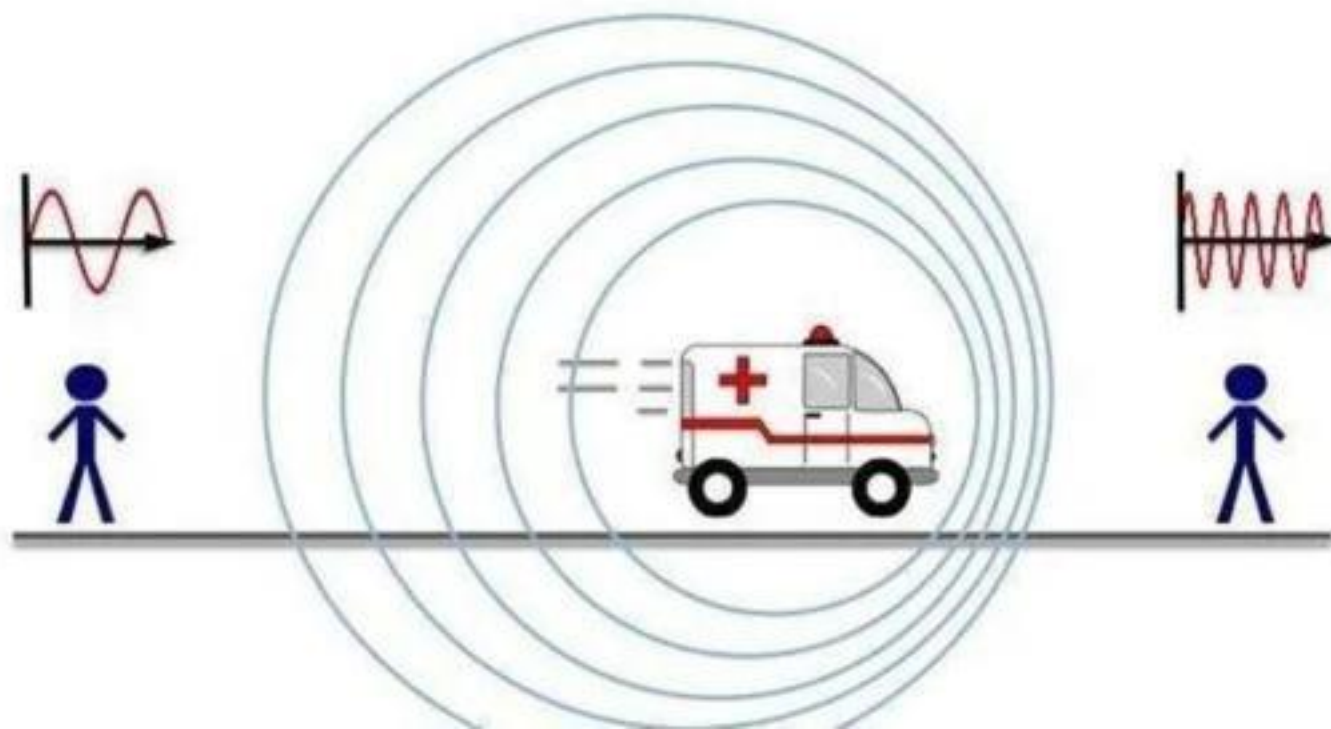


5G F-OFDM

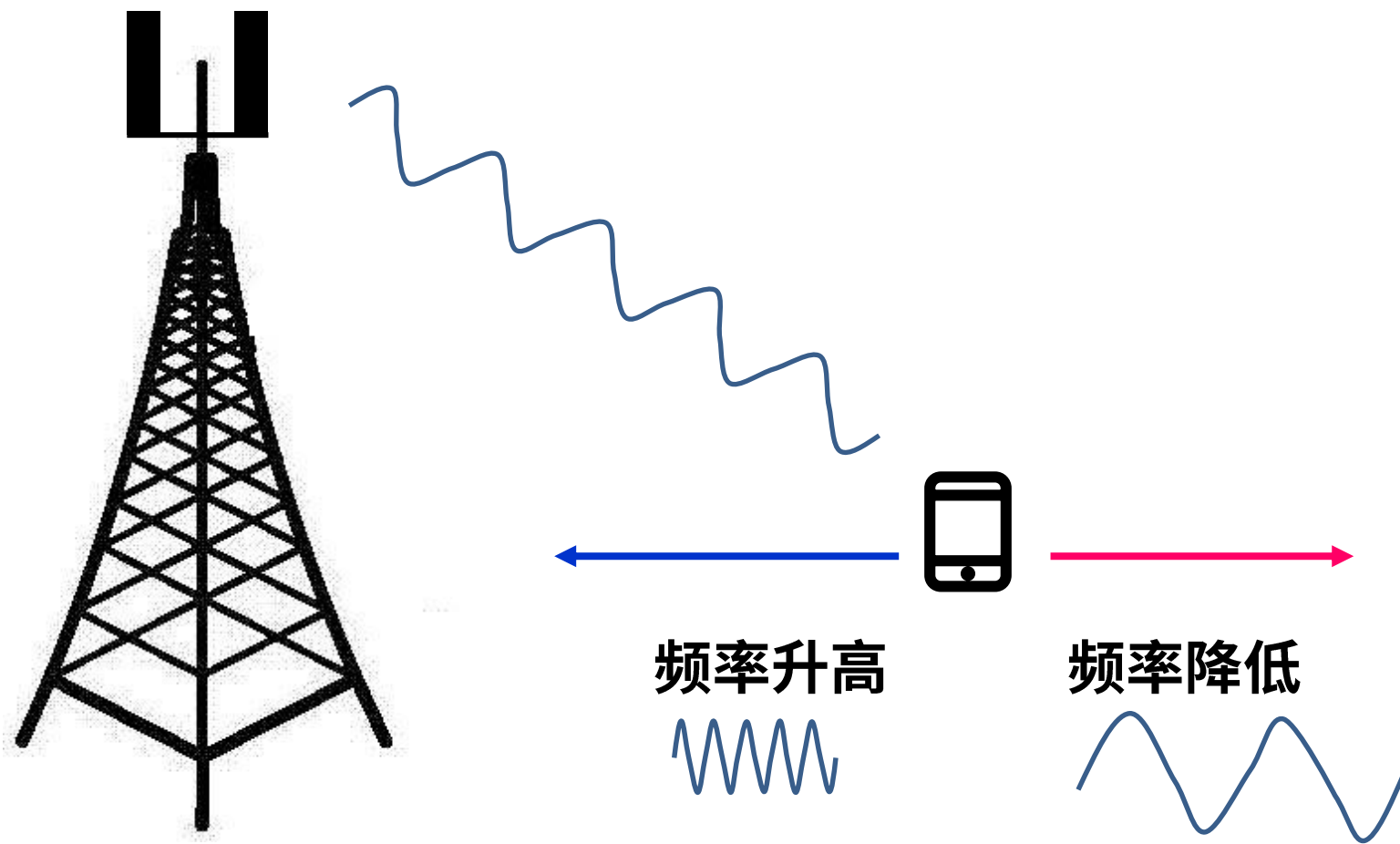
# 多普勒效应

电磁波的**频率**因为波源和观测者的相对运动而产生变化：

- 相向运动，频率升高
- 背相运动，频率降低



# 多普勒效应



# F-OFDM

## ② 更灵活控制时延

4G符号长度



符号长度固定

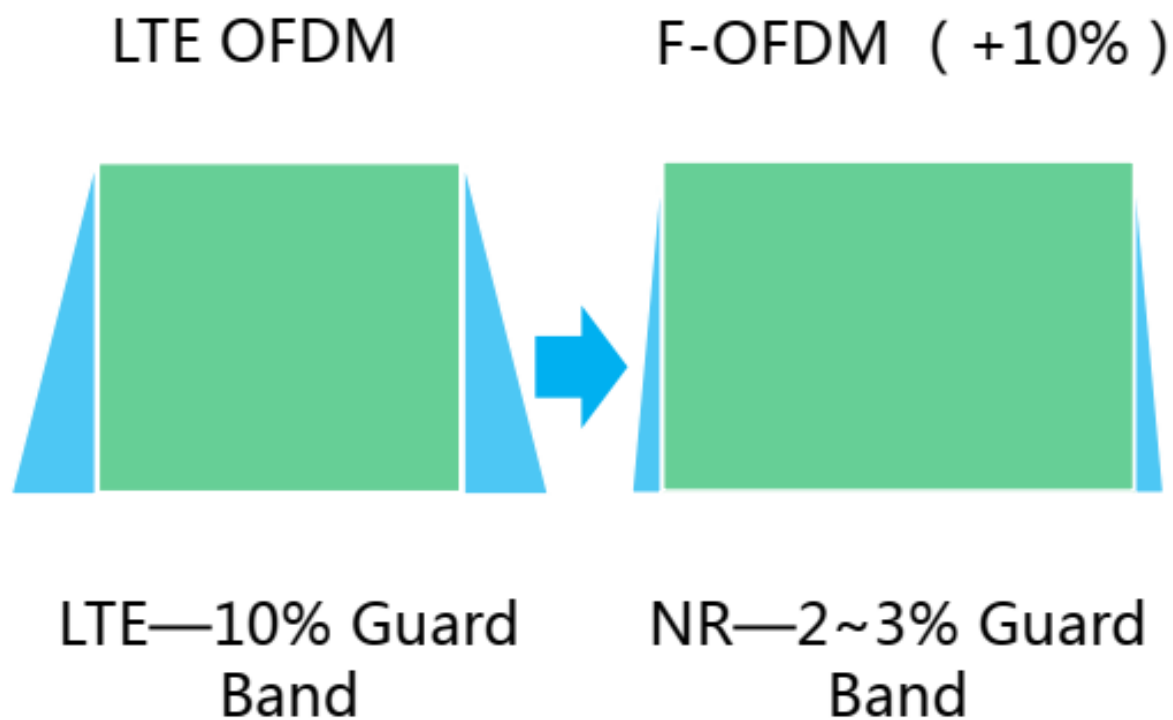
5G符号长度



符号长度可变

# F-OFDM

## ③ 更高的频谱效率

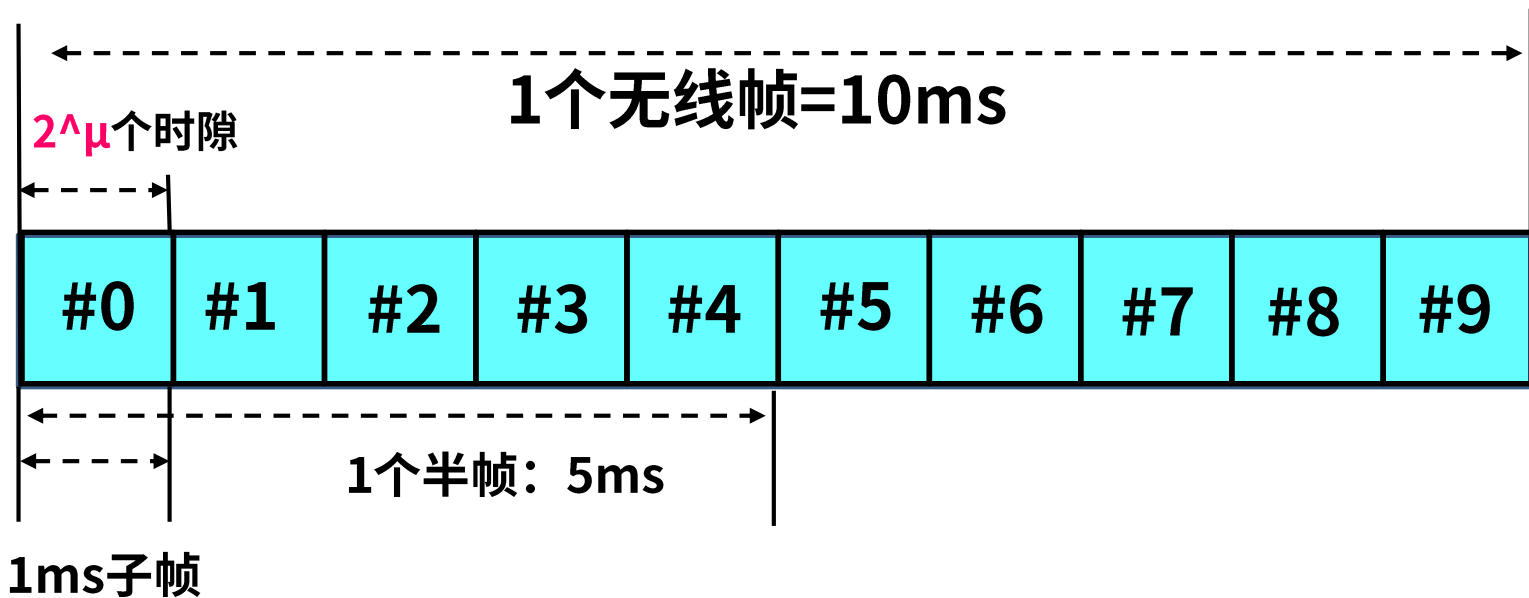


LTE的90%频谱利用率，NR提升到95%以上

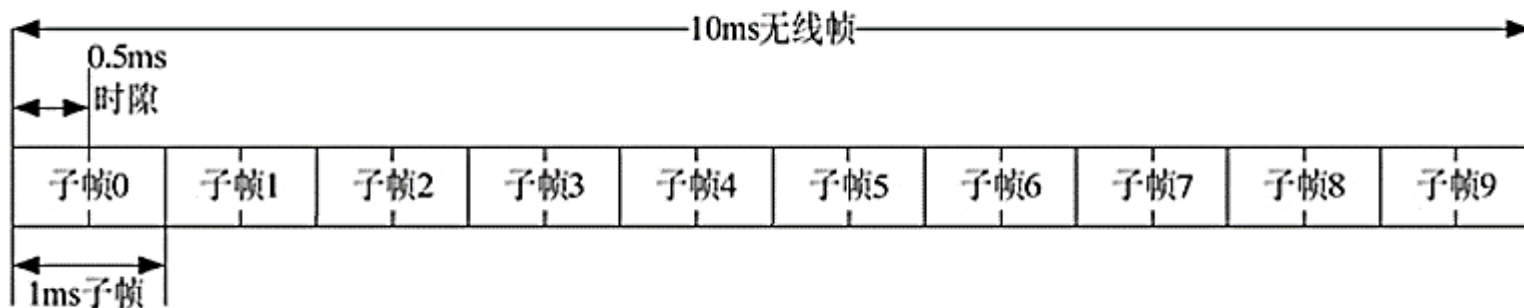
# 5G帧结构

5G在大的帧结构上面，并没有像4G一样，分FDD和TDD两种结构，而是统一结构

5G帧结构

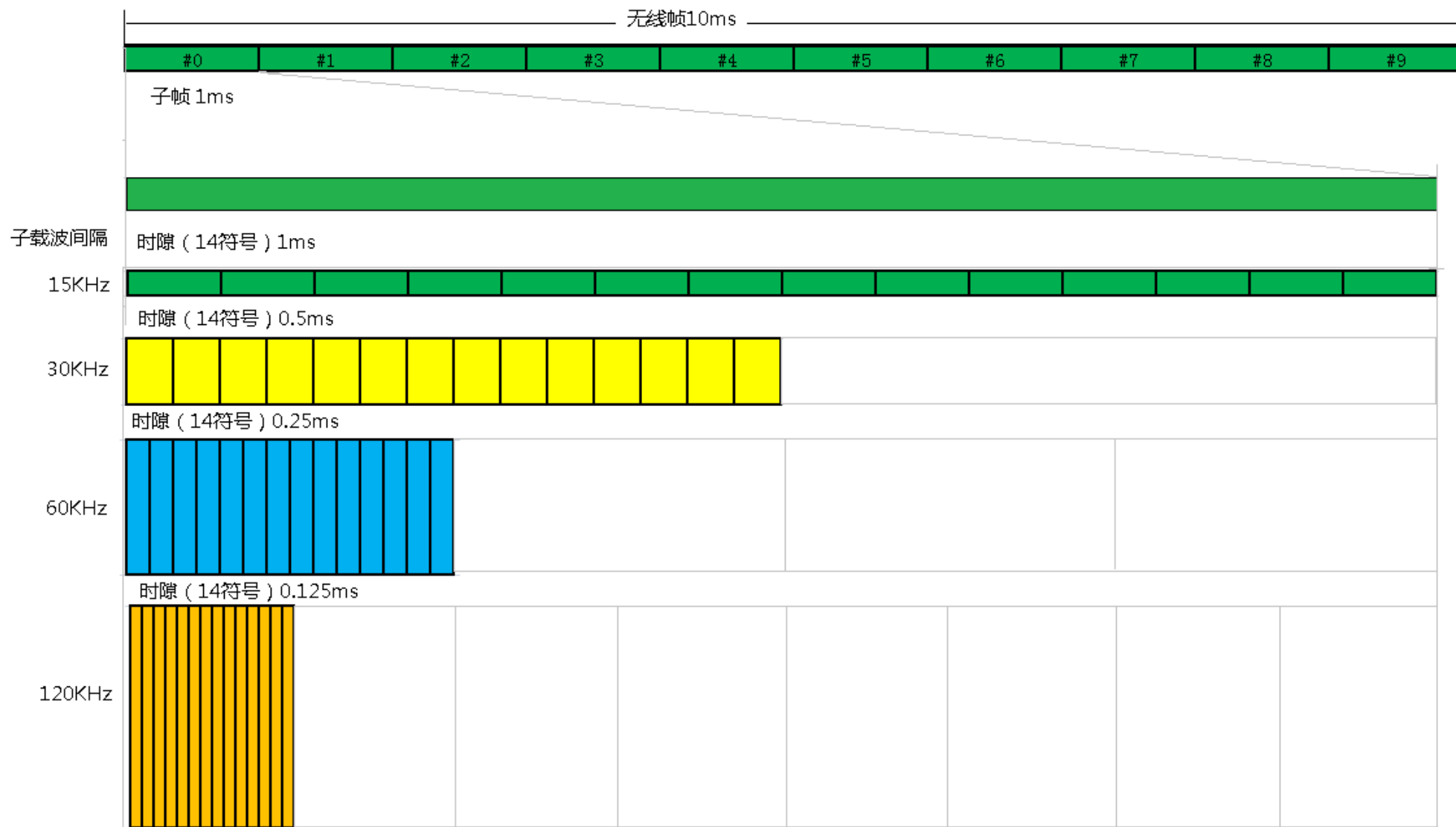


4G  
FDD帧结构





# 5G子载波间隔与时隙个数



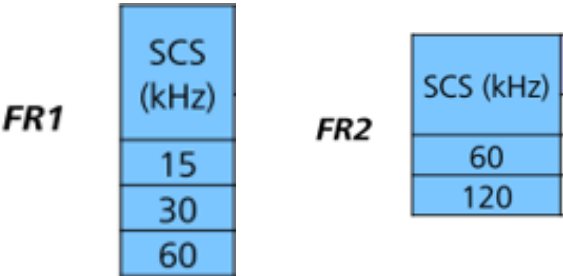


# Numerology参数集

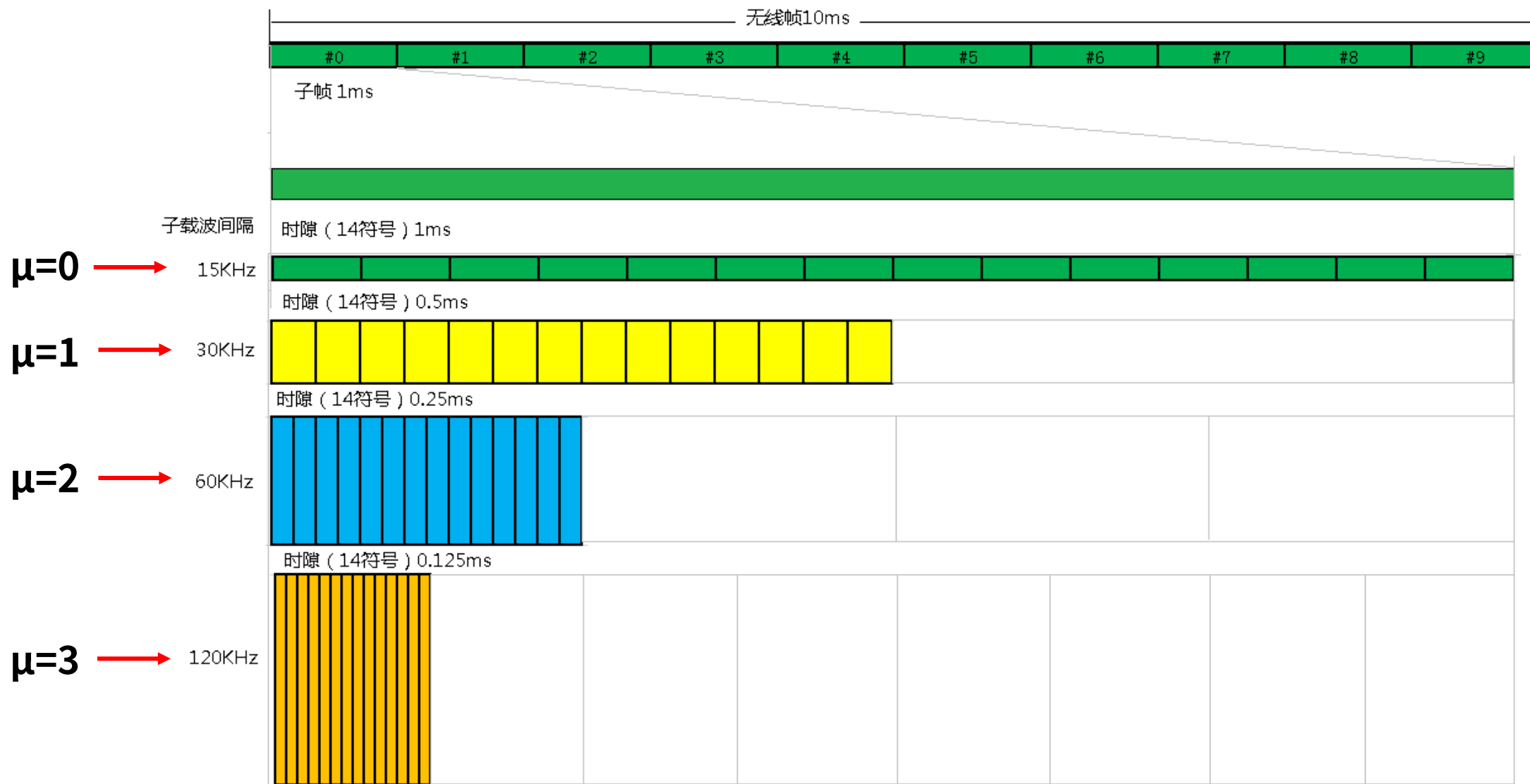
5G NR用参数 $\mu$ 表示 OFDM Numerology配置，包含OFDM的基础参数集合，比如子载波间隔、循环前缀等，一共有5种配置：

$\mu$	子载波间隔	循环前缀	每时隙符号数	每帧时隙数	每子帧时隙数	符号长度 $\mu s$	CP长度
0	15KHZ	常规	14	10	1	66.7	5.2/4.69
1	30KHZ	常规	14	20	2	33.3	2.86/2.34
2	60KHZ	常规	14	40	4	16.7	1.69/1.17
		拓展	12	40	4	16.7	4.17/4.17
3	120KHZ	常规	14	80	8	8.33	1.11/0.59
4	240KHZ	常规	14	160	16	4.17	0.81/0.29

目前没有使用240KHZ的子载波间隔




# 5G参数 $\mu$ 决定了子载波间隔与时隙个数



# 5G现网实际情况

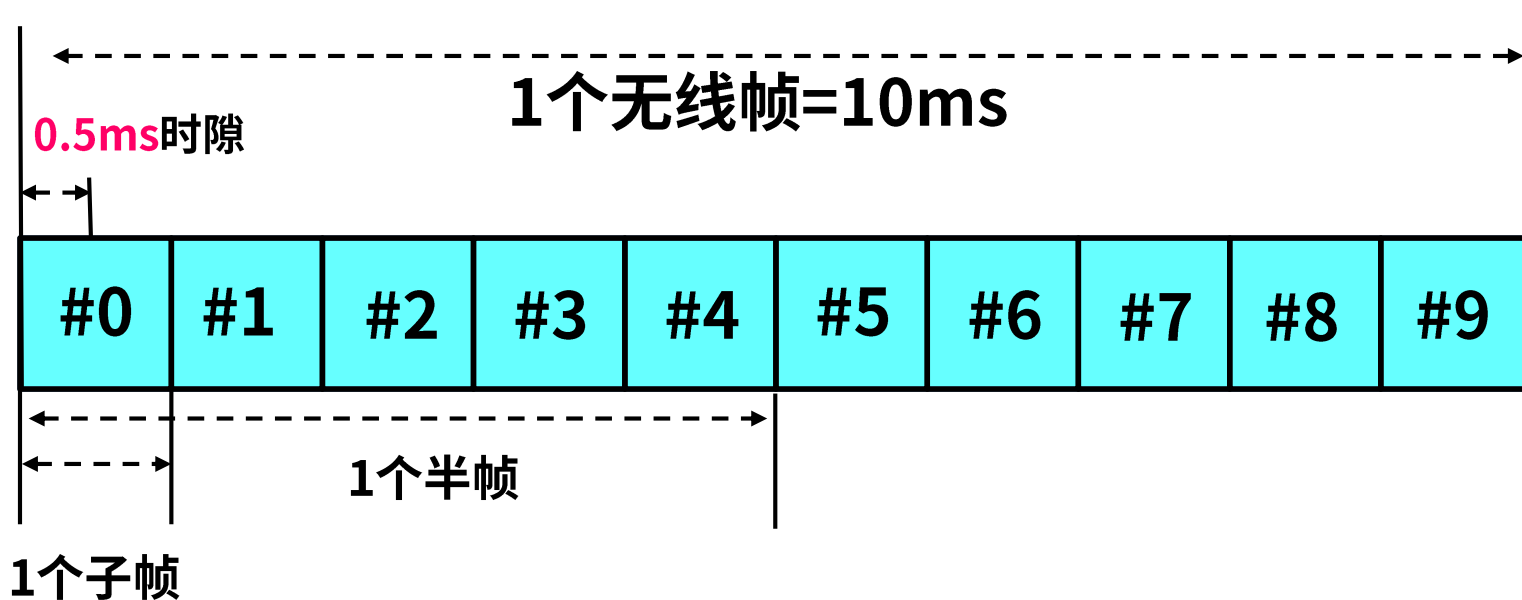
**FR1**



SCS (kHz)	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	25 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	70 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz
	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$	$N_{RB}$
15	25	52	79	106	133	160	216	270	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	11	24	38	51	65	78	106	133	162	189	217	245	273
60	N/A	11	18	24	31	38	51	65	79	93	107	121	135

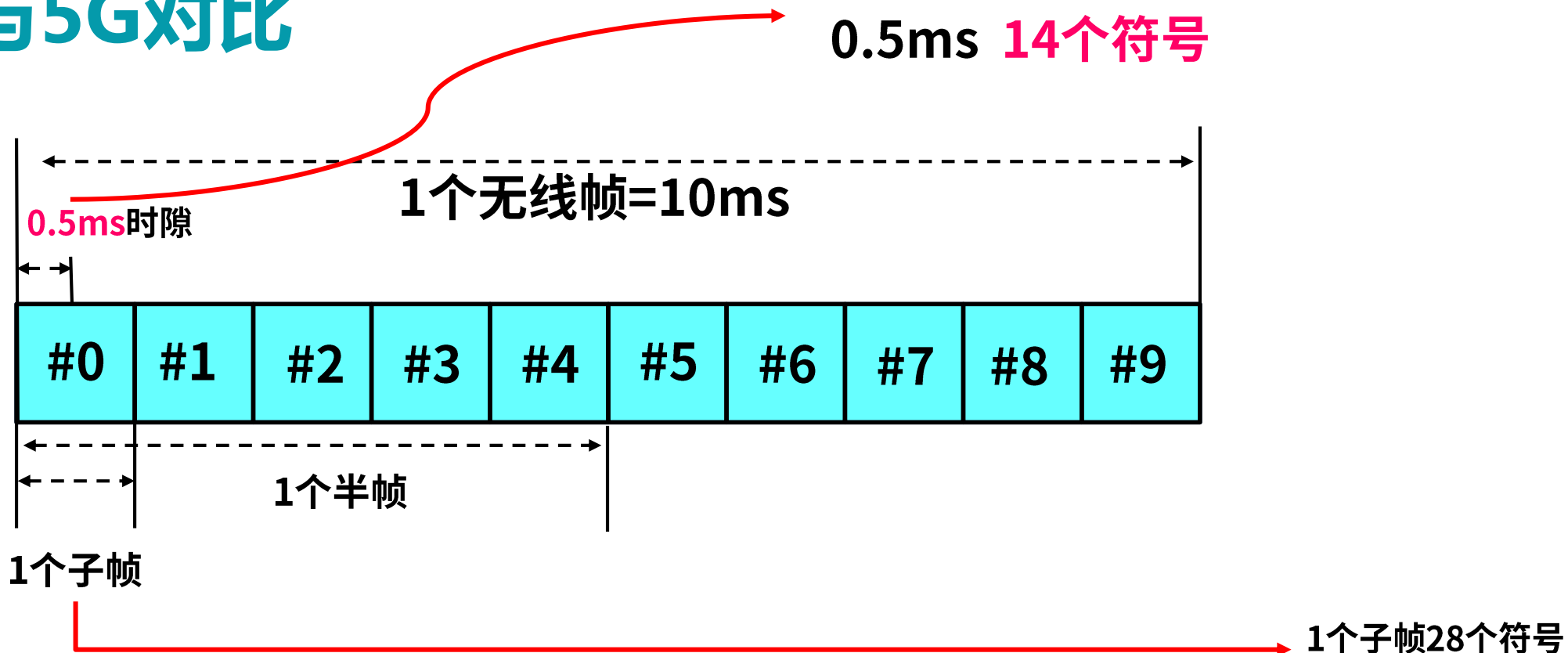
目前非毫米波波段，以30KHZ为主，100MHZ带宽，因此， $\mu=1$ ，一个子帧2个时隙，每个时隙0.5ms，每个时隙14个符号

## 5G现网帧结构

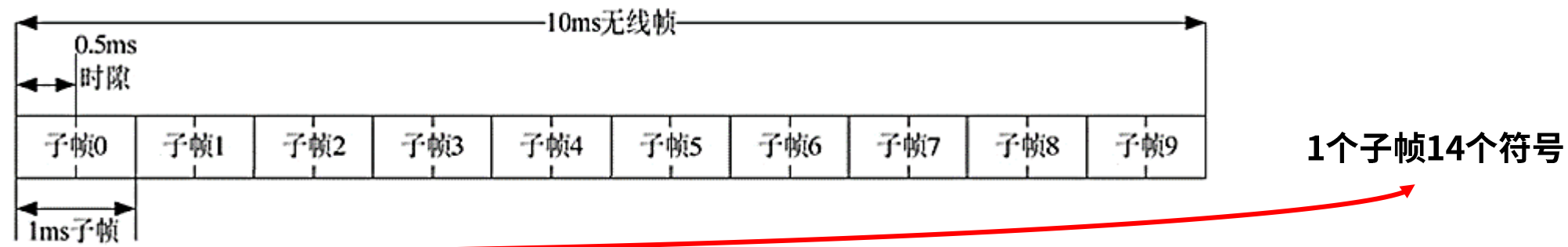


# 4G与5G对比

## 5G现网帧结构



## 4G FDD帧结构



# Ts和Tc

5G 定义了2种最小的时间单位，Tc和Ts

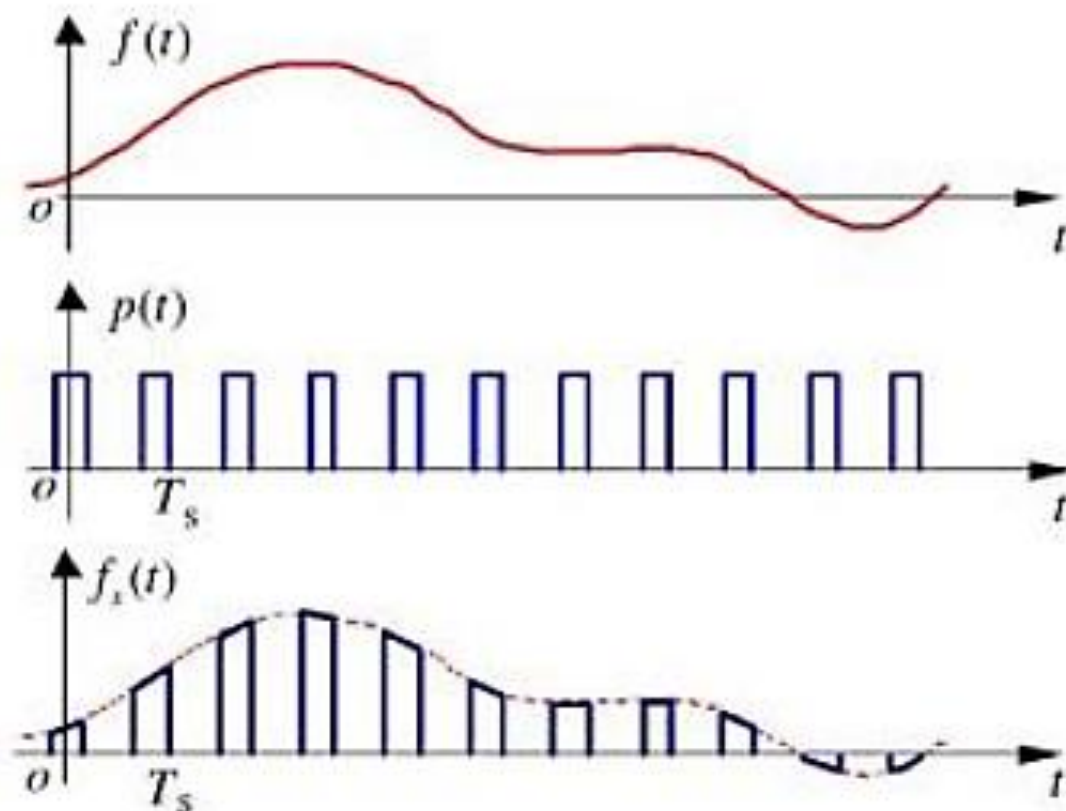
$$T_c = 1/480000 * 4096 = 0.509 \text{ ns}$$

$$T_s = 1/15000 * 2048 = 32.55 \text{ ns}$$

**Tc:** 表示的是5G OFDM符号的采样间隔

**Ts:** 和LTE一致，但是基本没什么用处，目前，除非另有说明，否则 NR 时域中各个域的大小均表示为若干 Tc

# Tc-采样时间间隔



信号采样

举个例子：

$$T_c = 1/480000 \times 4096 \text{ 秒}$$

子载波间隔15K，  
OFDM符号周期  $T = 1/15000$  秒

$$\text{采样次数} = T/T_c = 131072$$

15KHZ子载波间隔的OFDM符号，  
一个符号采样131072次

# 5G 时隙配置

**TDD模式下**，上下行配置，4，5G有很大的改变

4G以**子帧**为单位，叫做子帧配比

5G可以使用**时隙**进行配比，叫做时隙配比。另外**符号**级别也可以配置

在5G里面**不用管子帧**的概念，目前，资源的调度单位是以**时隙**为单位

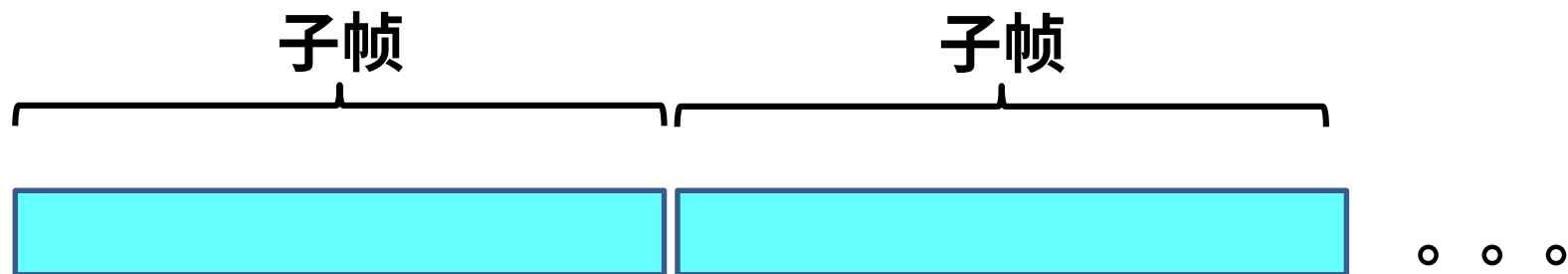


5G的调度基本单位分为两种类型：**slot-based**和Non-slot-based。其中slot-based对应的基本调度单位为slot，而Non-slot-based对应的基本调度单位是**mini-slot**

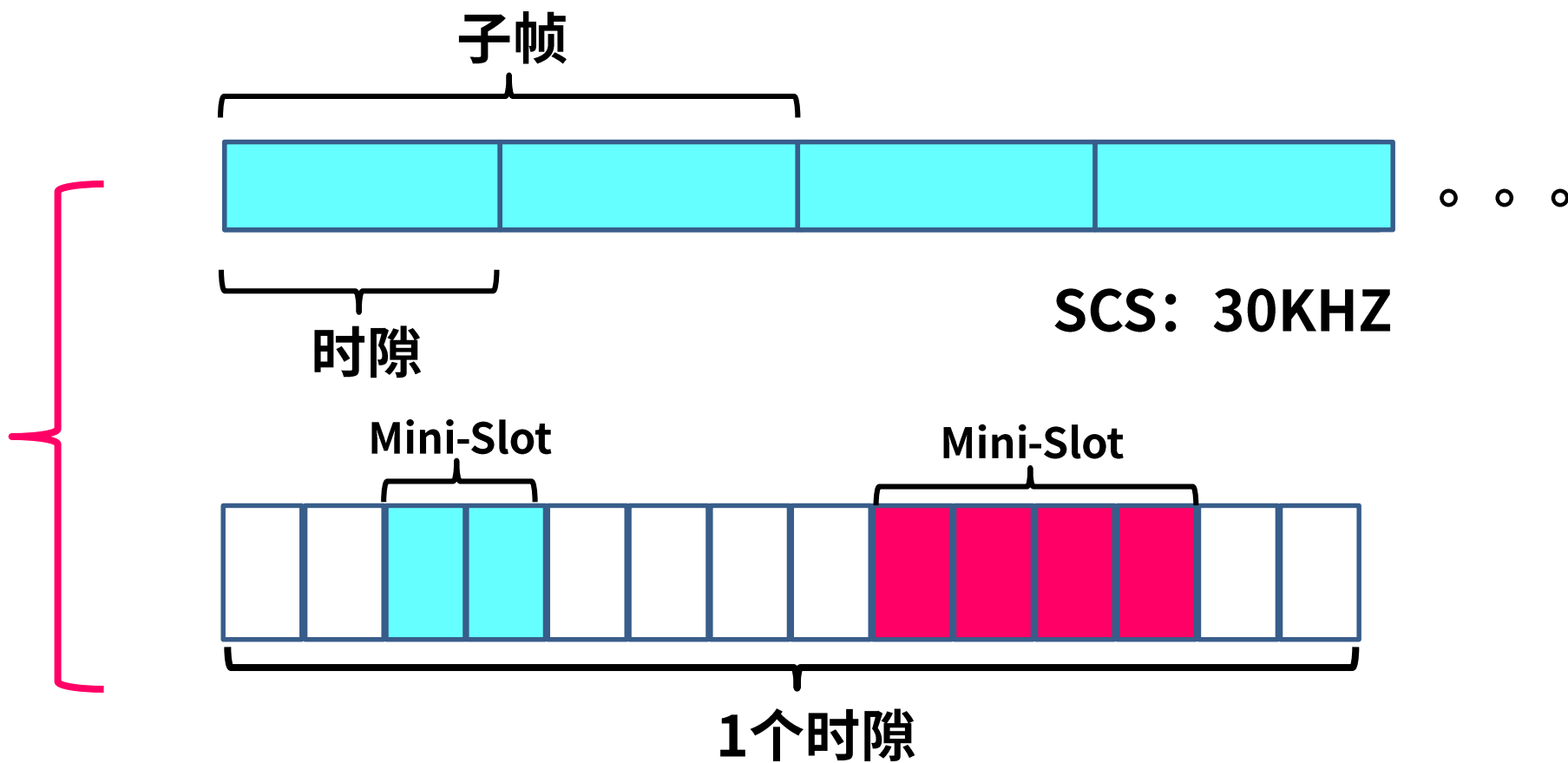


# 45G调度对比举例

4G



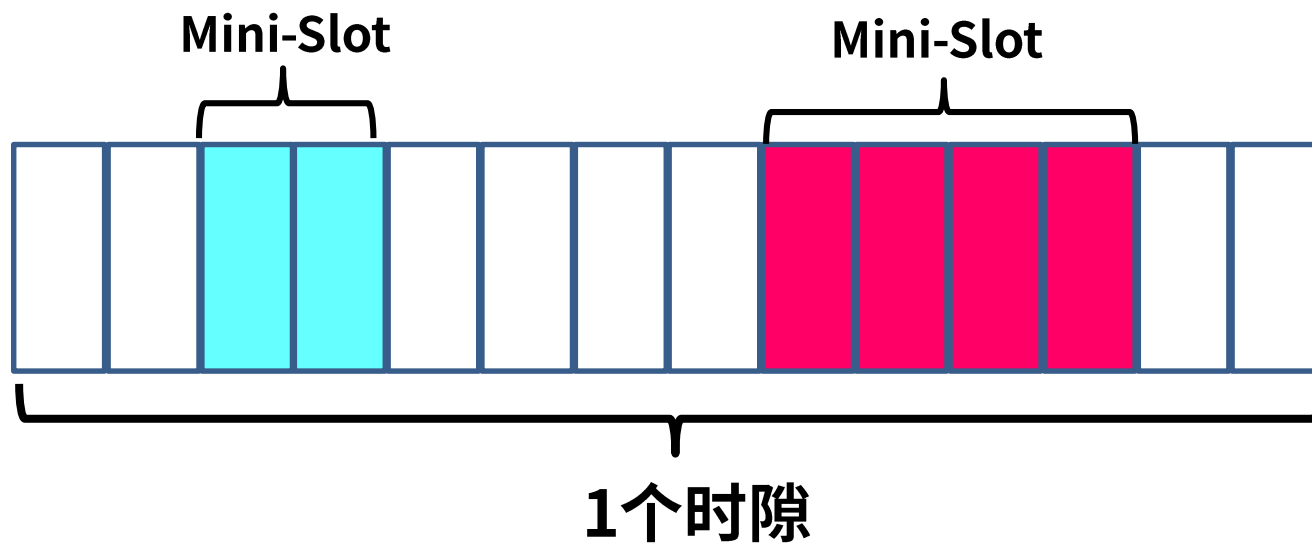
5G



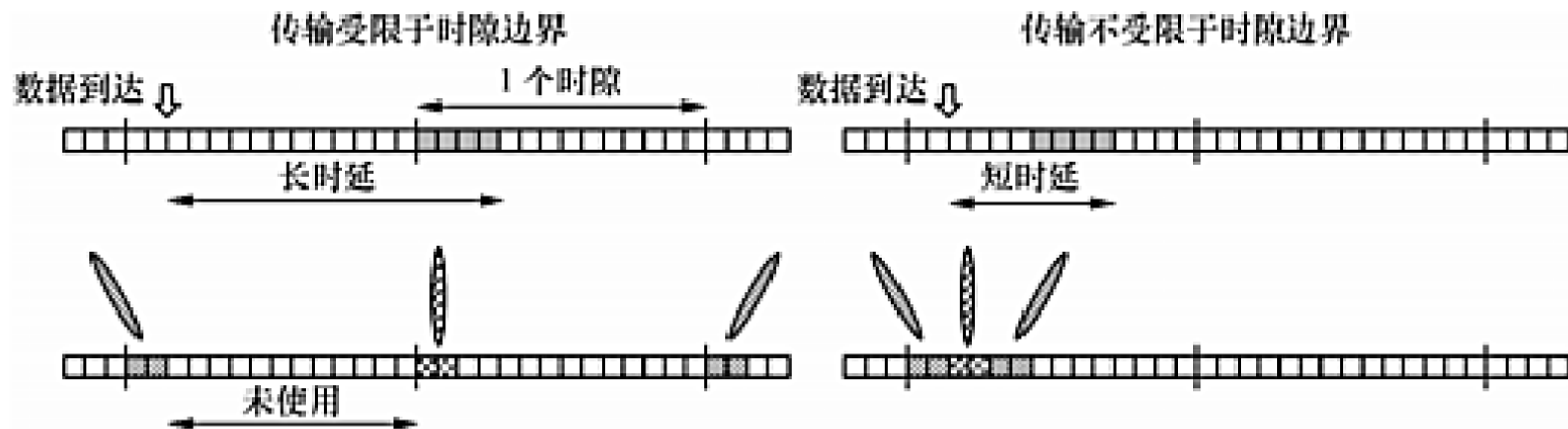
# Mini slot微时隙

一般情况下，系统调度周期与时隙周期紧耦合，但是这并不是效率最高的方式。为了实现进一步的动态调度，NR使用了Mini-Slot（微时隙）的机制来支持突发性异步传输。

Mini-Slot的起始位置是可变的，且持续时间比典型的14个符号的时隙更短  
根据情况可以选择2个符号，4个符号，7个符号



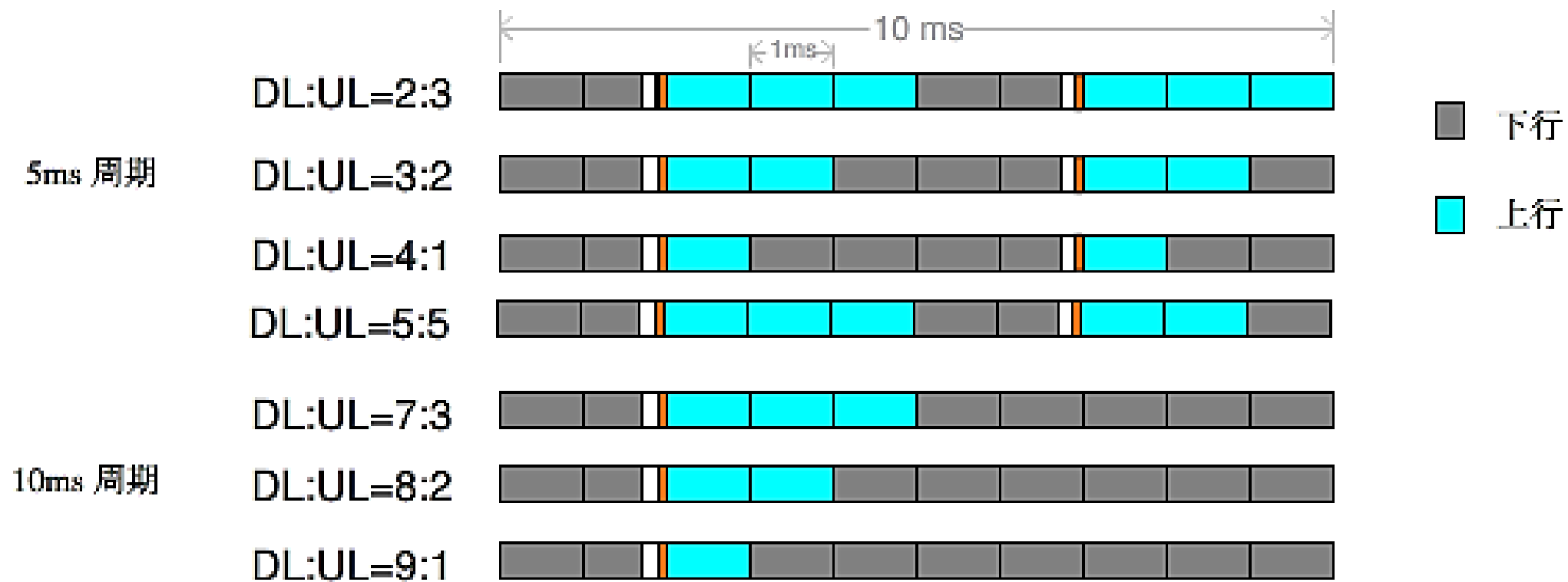
# Mini slot微时隙



目前，mini slot还没有实际应用

# 4G 讲究的是子帧配比

## 4G TDD子帧配比



# 5G讲究的是时隙配比

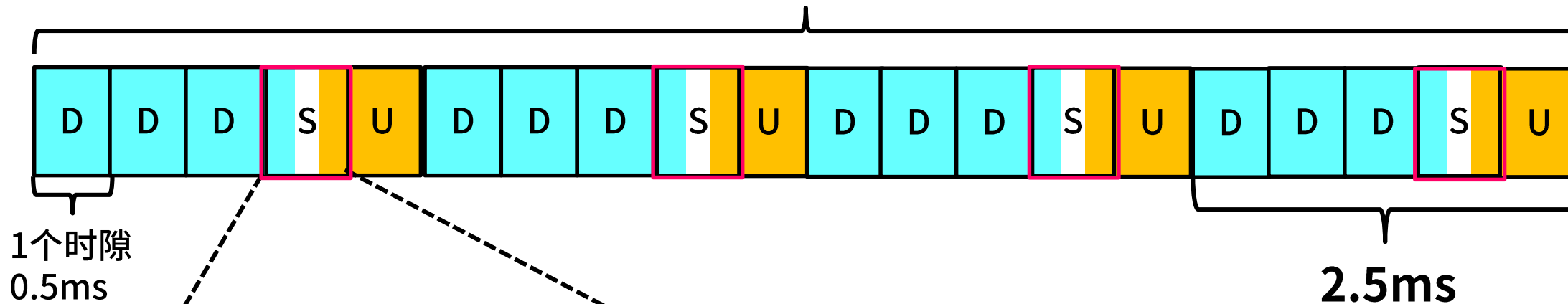
## 以某设备厂商的配比举例

- 时隙配比定义无线资源的上下行分配，5G RAN2.1版本支持三种配比：
  - 4:1 DDDSU (Sub6G、Above6G) 2.5ms 单周期
  - 8:2 DDDDDDDSUU (仅Sub-6G支持) 5ms 单周期
  - 7:3 DDDSUDDSUU (仅Sub-6G支持) 2.5ms 双周期

# 4:1 ( 2.5ms单周期 ) 配置

现网子载波间隔：30KHZ，一个时隙0.5ms

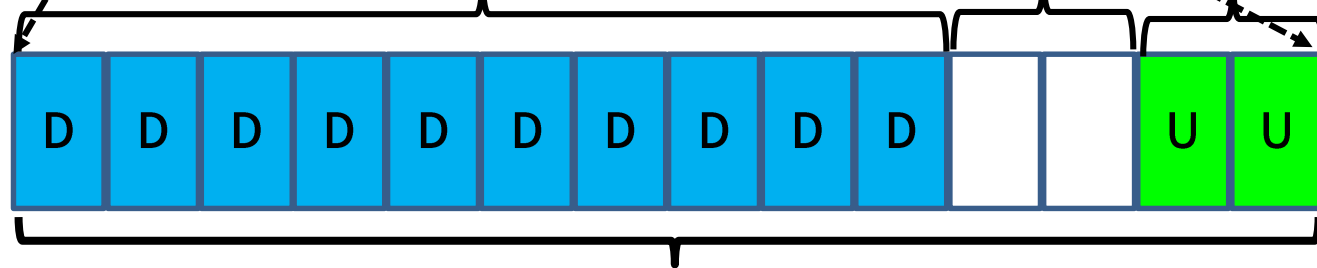
1个帧



10个符号

GP

2个符号



1个时隙

S时隙配比：10:2:2

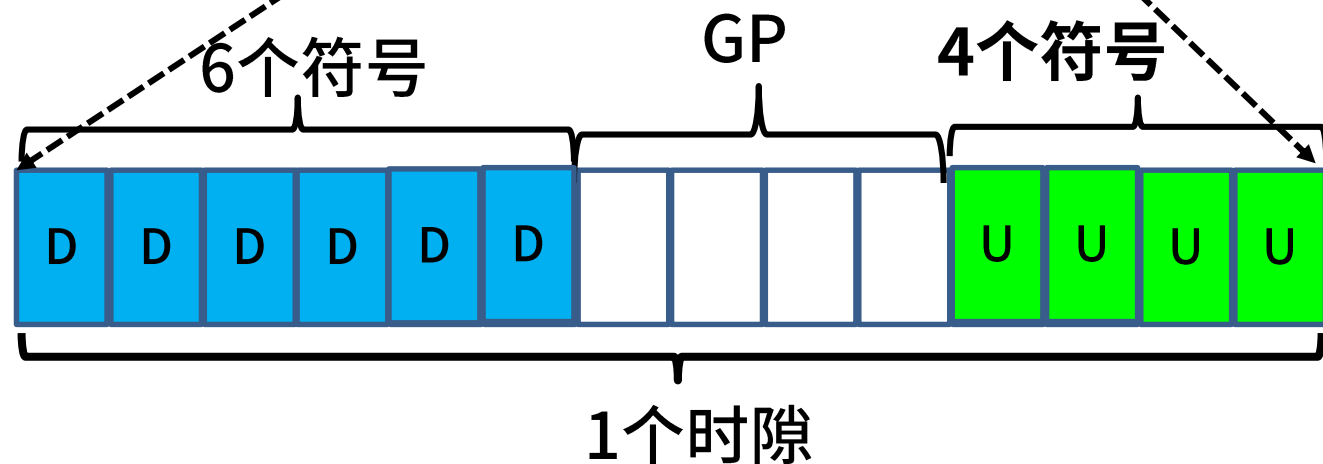
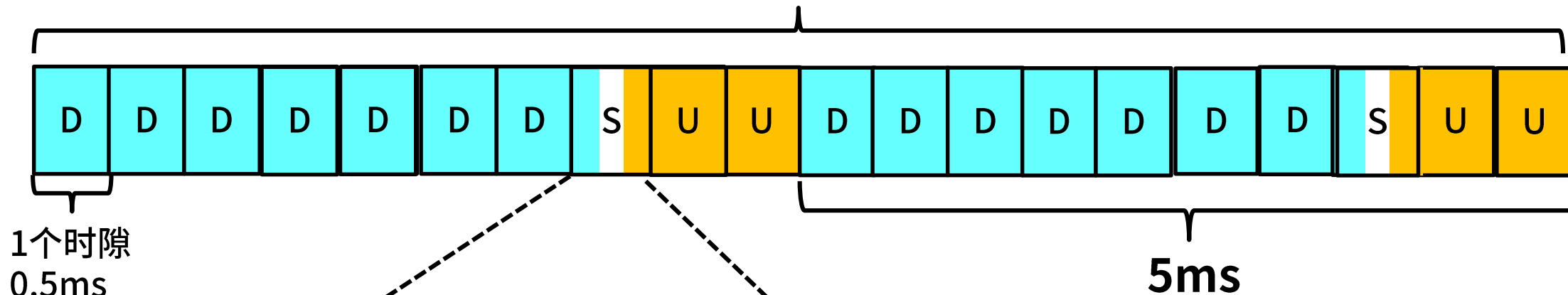
Sub6G, Above 6G

# 8:2 ( 5ms单周期 ) 配置

中国移动使用 (n41频段)

现网子载波间隔：30KHZ，一个时隙0.5ms

1个帧



S时隙配比：6:4:4

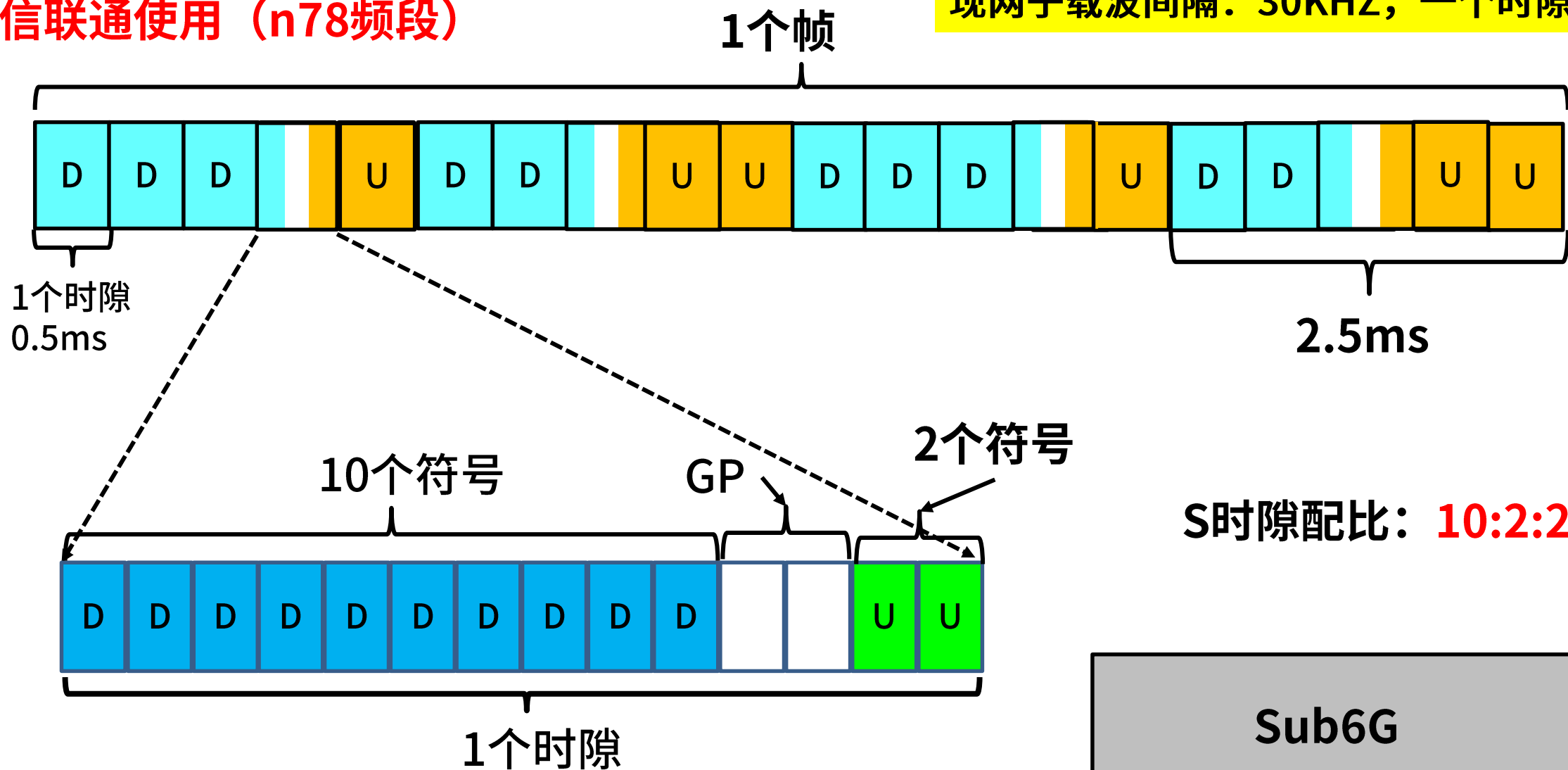
Sub6G



# 7:3 ( 2.5ms双周期 ) 配置

电信联通使用 (n78频段)

现网子载波间隔：30KHZ，一个时隙0.5ms



S时隙配比: 10:2:2

Sub6G

# 5G时隙 ( slot ) 类型

## 5G符号类型:

D :Downlink下行符号

U: Uplink上行符号

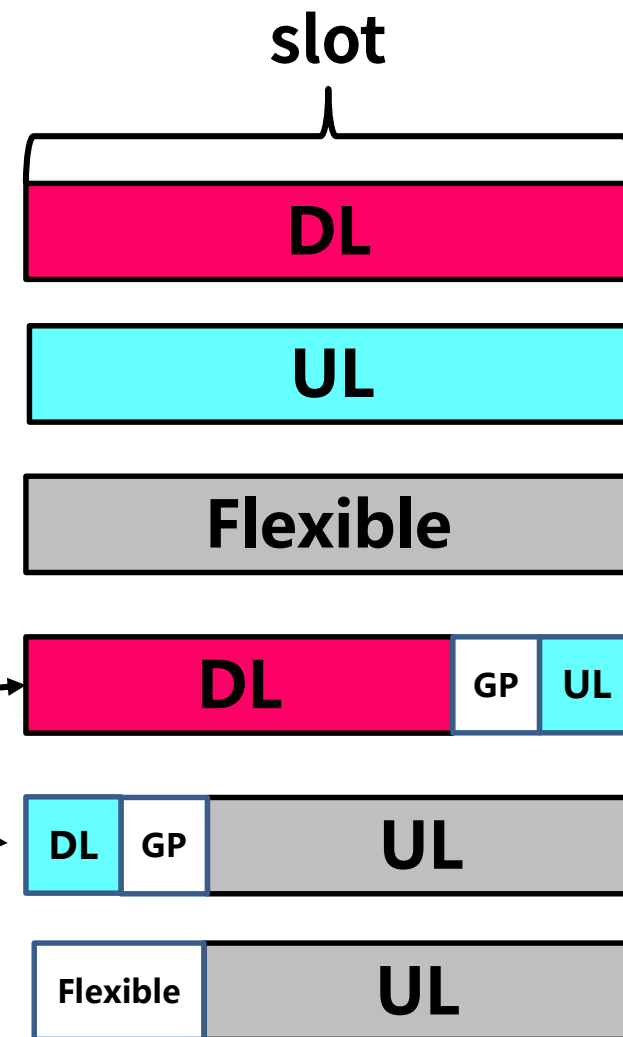
Flexible: 灵活符号, 可用于上行, 下行或者GP

## 时隙类型:

Type 1: 下行时隙

Type 2: 上行时隙

Type 3: 灵活时隙

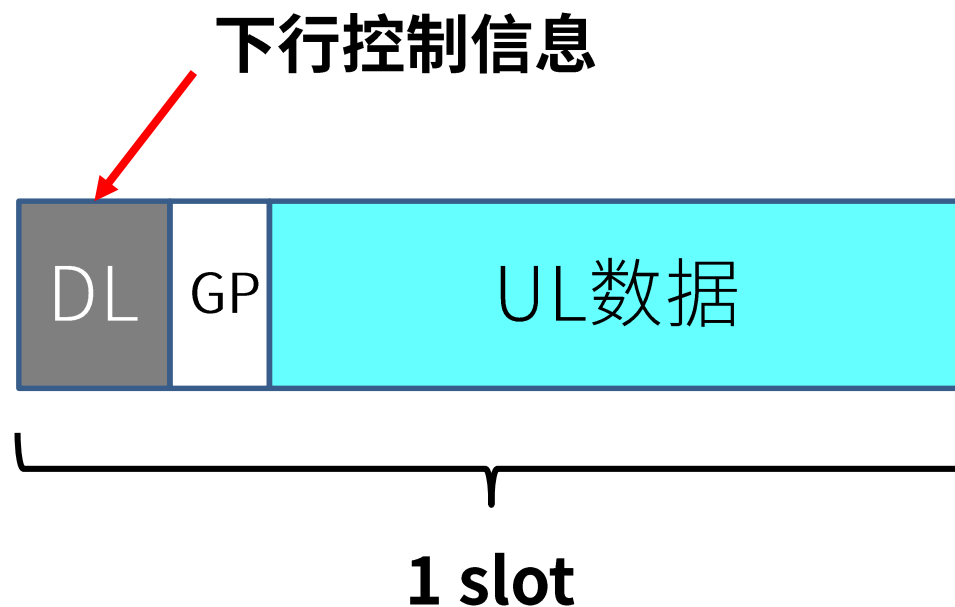
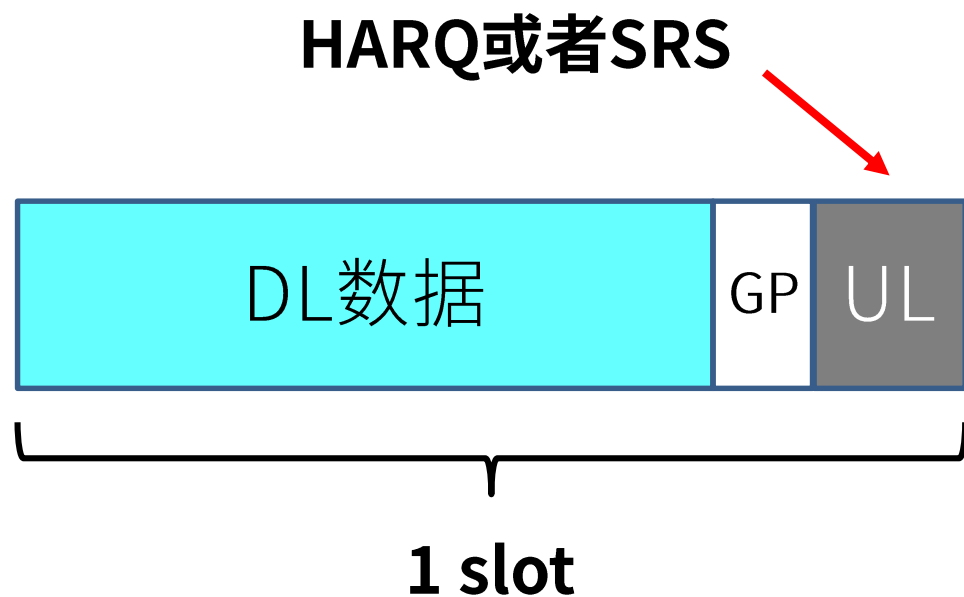


自包含  
时隙

# 自包含时隙

自包含时隙

定义：同一时隙包含UL、DL和GP



自包含时隙：实现更快的下行HARQ反馈和上行数据调度，以及更快的信道测量，让基站和终端能够在同一个时隙内完成数据的完整交互，以达到降低时延的目标

# 5G时隙符号配比

<TS 38.213 v15.7 -Table 11.1.1-1>

3GPP 在时隙内允许61个预定义符号组合，62-255为预留的

Format	Symbol Number in a slot													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
1	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F
4	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F
5	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F
6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F
7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	F
8	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
9	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
10	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
11	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
12	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
13	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
14	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U
15	F	F	F	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U
16	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
17	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
18	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
19	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
20	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
21	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U
22	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U
23	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U

全灵活仅TDD

5G的FDD模式  
仅支持这几种格  
(除了全灵活格式2)

可以作为  
自包含时隙

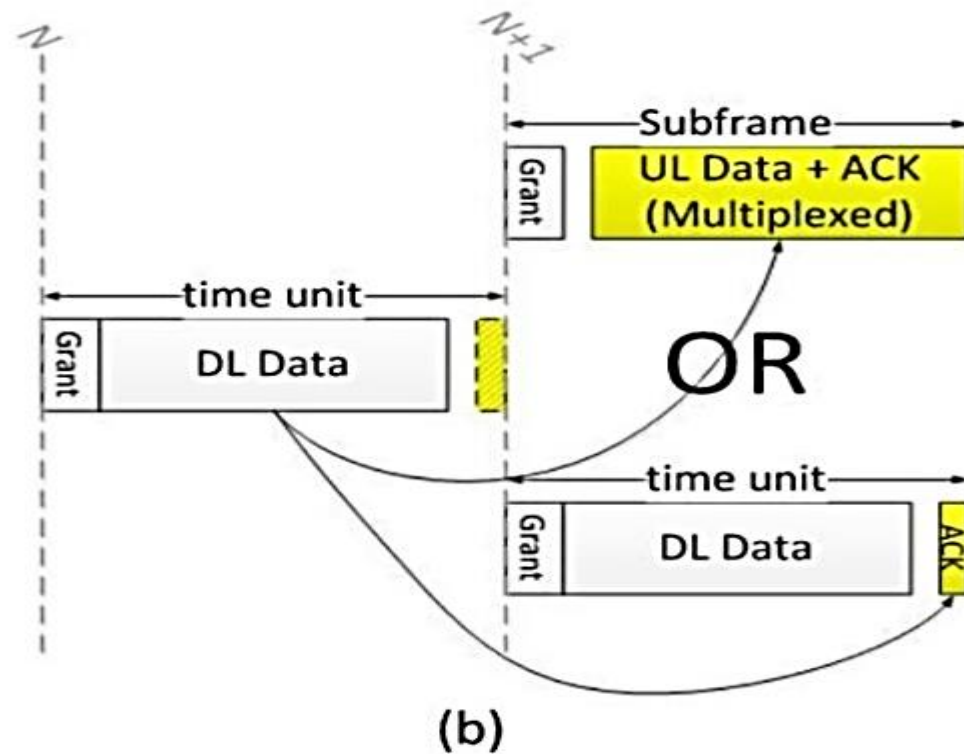
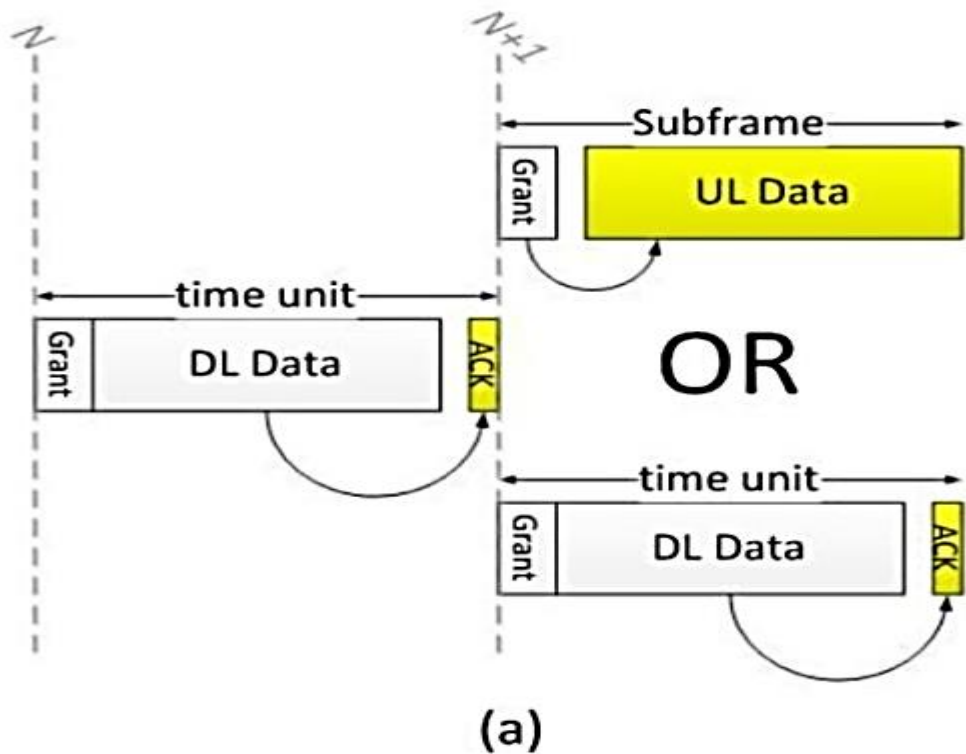
# 5G时隙符号配比

<TS 38.213 v15.7 -Table 11.1.1-1>

27	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	U	U	U
28	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	U
29	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	U
30	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	U
31	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	U	U
32	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	U	U
33	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	U	U
34	D	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
35	D	D	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
36	D	D	D	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
37	D	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
38	D	D	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
39	D	D	D	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U
40	D	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
41	D	D	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U	U
42	D	D	D	F	F	F	U	U	U	U	U	U	U	U
43	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	U
44	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	F	F	U	U
45	D	D	D	D	D	D	F	F	U	U	U	U	U	U
46	D	D	D	D	D	F	U	D	D	D	D	D	F	U
47	D	D	F	U	U	U	U	D	D	F	U	U	U	U
48	D	F	U	U	U	U	U	D	F	U	U	U	U	U
49	D	D	D	D	F	F	U	D	D	D	D	F	F	U
50	D	D	F	F	U	U	U	D	D	F	F	U	U	U
51	D	F	F	U	U	U	U	D	F	F	U	U	U	U
52	D	F	F	F	F	F	U	D	F	F	F	F	F	U
53	D	D	F	F	F	F	U	D	D	F	F	F	F	U
54	F	F	F	F	F	F	f	D	D	D	D	D	D	D
55	D	D	F	F	F	U	U	U	D	D	D	D	D	D
62-254	Reserved													
255	UE determines the slot format for the slot based on tdd-UL-DL-ConfigurationCommon, or tdd-ULDL-ConfigurationDedicated and, if any, on detected DCI formats													

可以设置  
自包含时隙

# 自包含子帧



A方案，子帧级别进行信息反馈，对终端硬件能力要求高

B方案，延迟了信息反馈，对终端硬件能力要求低

**目前，自包含子帧还没有实际应用**

# 技术的使用犹如瑞士军刀





# 5G上下行时隙配比介绍

5G对上下行子帧配比一共分了四个等级，实现动态时隙配比

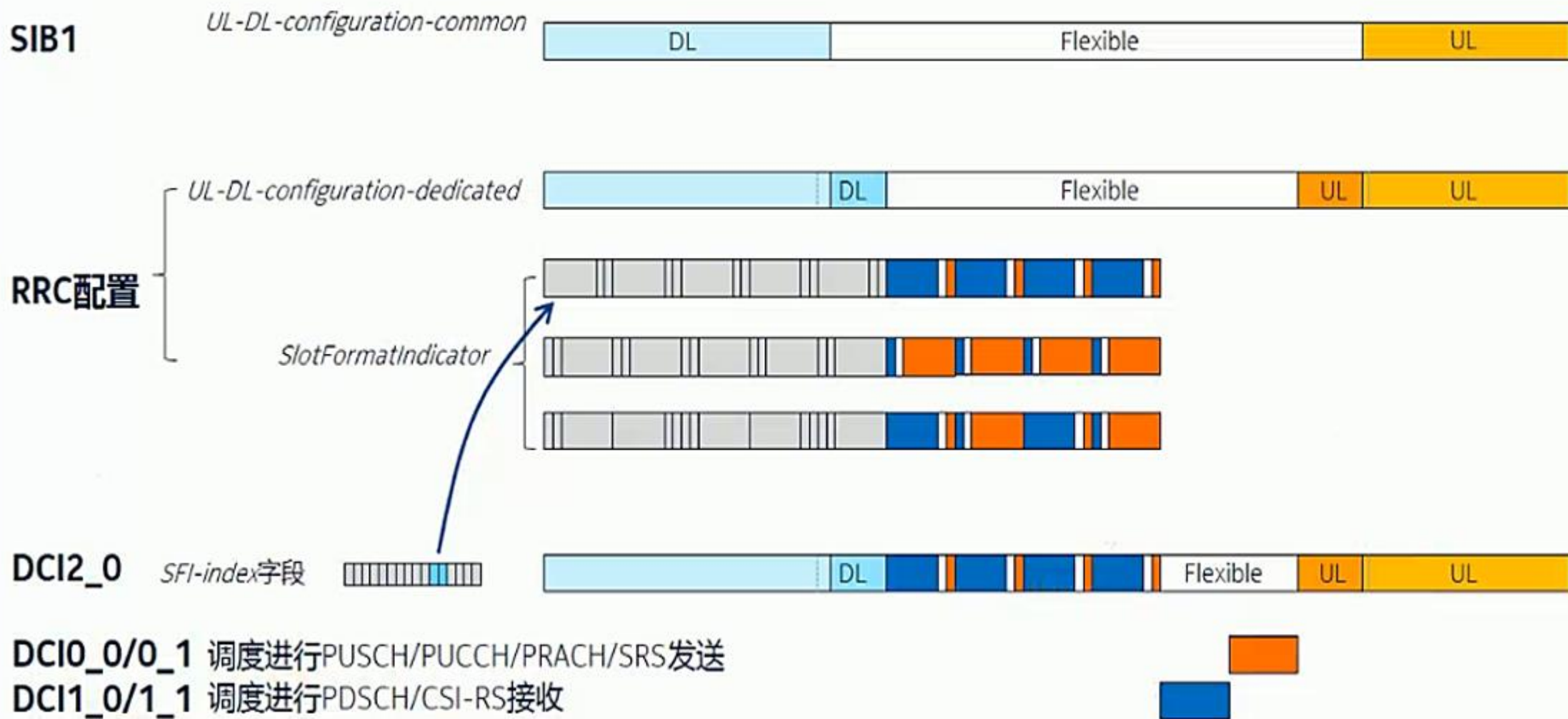
第一级配置：通过系统消息SIB1进行半静态配置（小区级别）

第二级配置:通过用户级RRC消息进行配置

第三级配置:通过UE-group的DCI中的SFI指示进行配置（符号级别配比）

第四级配置：通过UE-specific的DCI进行配置（符号级配比）

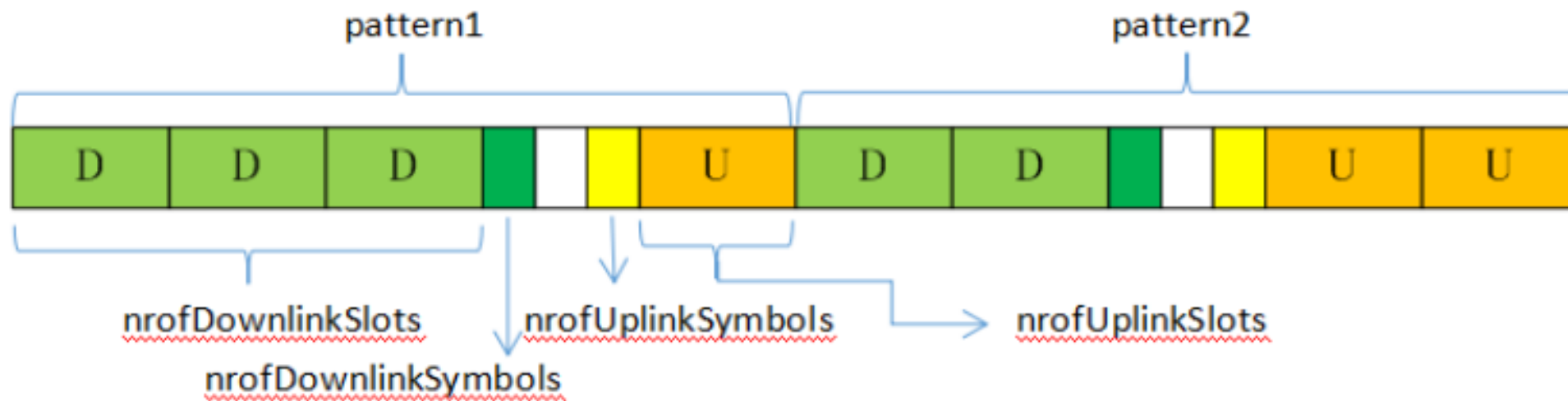
# 5G上下行时隙配比介绍



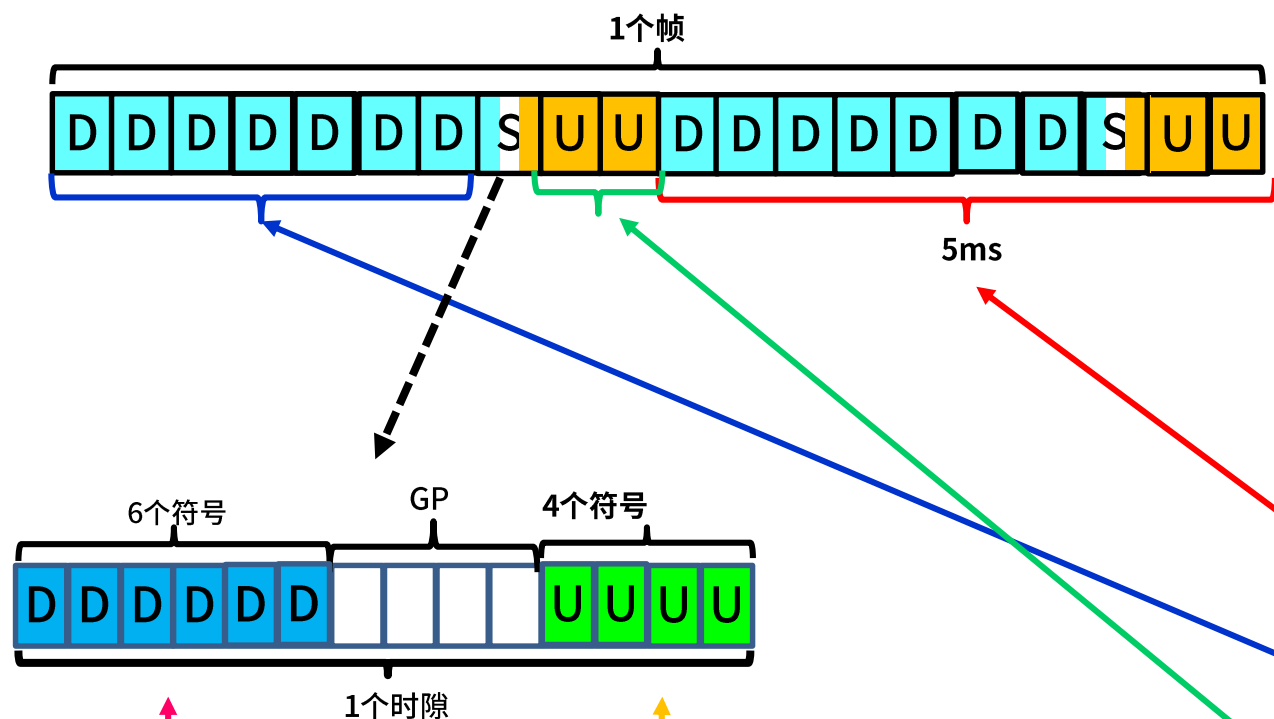
# 静态时隙配比参数（实际现网）

SIB1 ( **TDD-UL-DL-ConfigCommon** ) 中承载

```
TDD-UL-DL-ConfigCommon ::= SEQUENCE {  
    referenceSubcarriersSpacing          SubcarriersSpacing,  
    pattern1                             TDD-UL-DL-Pattern,  
    pattern2                             TDD-UL-DL-Pattern OPTIONAL,  
    ...  
}  
  
TDD-UL-DL-Pattern ::= SEQUENCE {  
    dl-UL-TransmissionPeriodicity       ENUMERATED {ms0p5, ms0p625, ms1,  
                                                    ms1p25, ms2, ms2p5, ms5, ms10},  
    nrofDownlinkSlots                   INTEGER (0..maxNrofSlots),  
    nrofDownlinkSymbols                 INTEGER (0..maxNrofSymbols-1),  
    nrofUplinkSlots                     INTEGER (0..maxNrofSlots),  
    nrofUplinkSymbols                   INTEGER (0..maxNrofSymbols-1),  
}
```

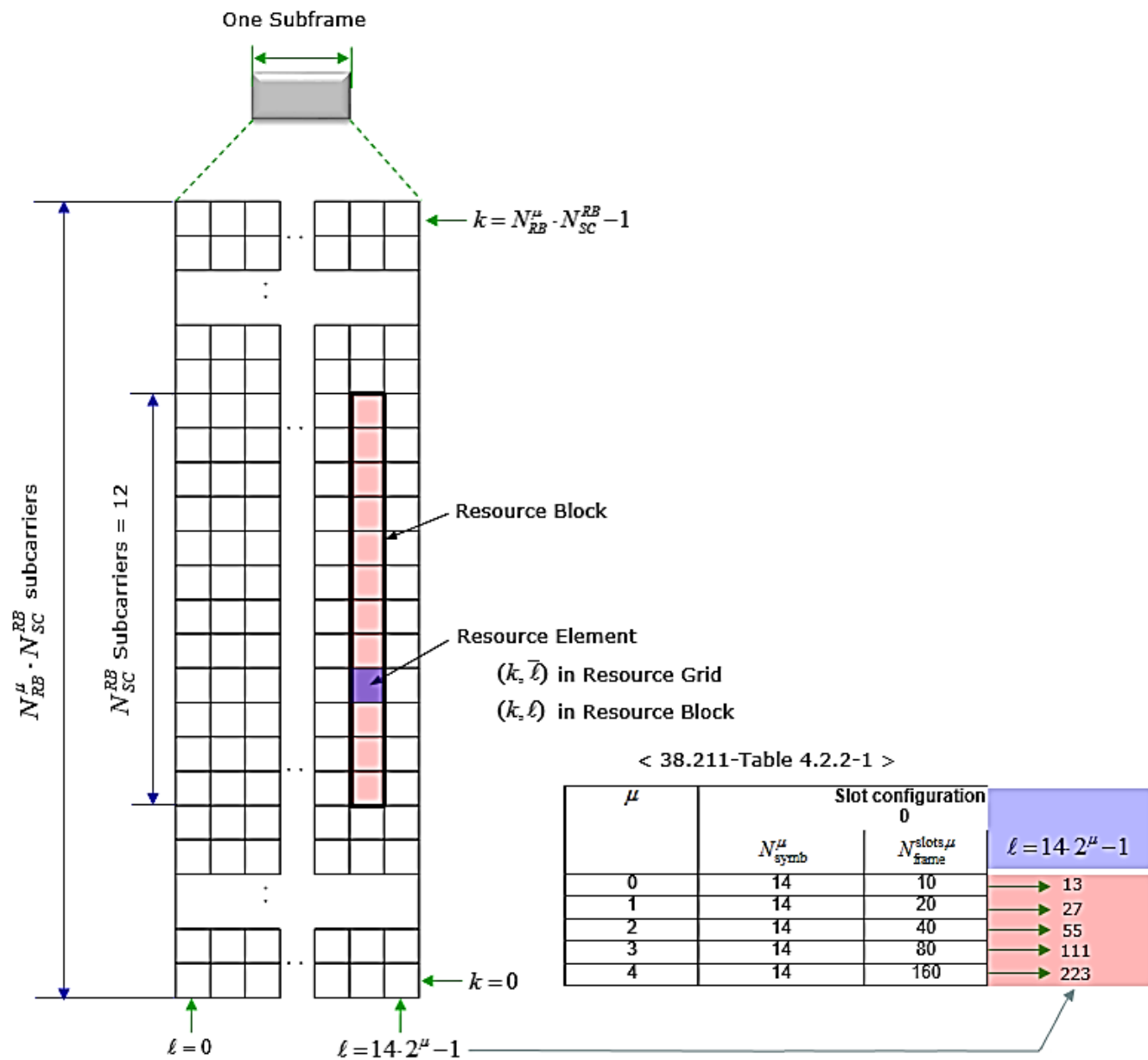


# 以中移动的配比举例子-5ms单周期



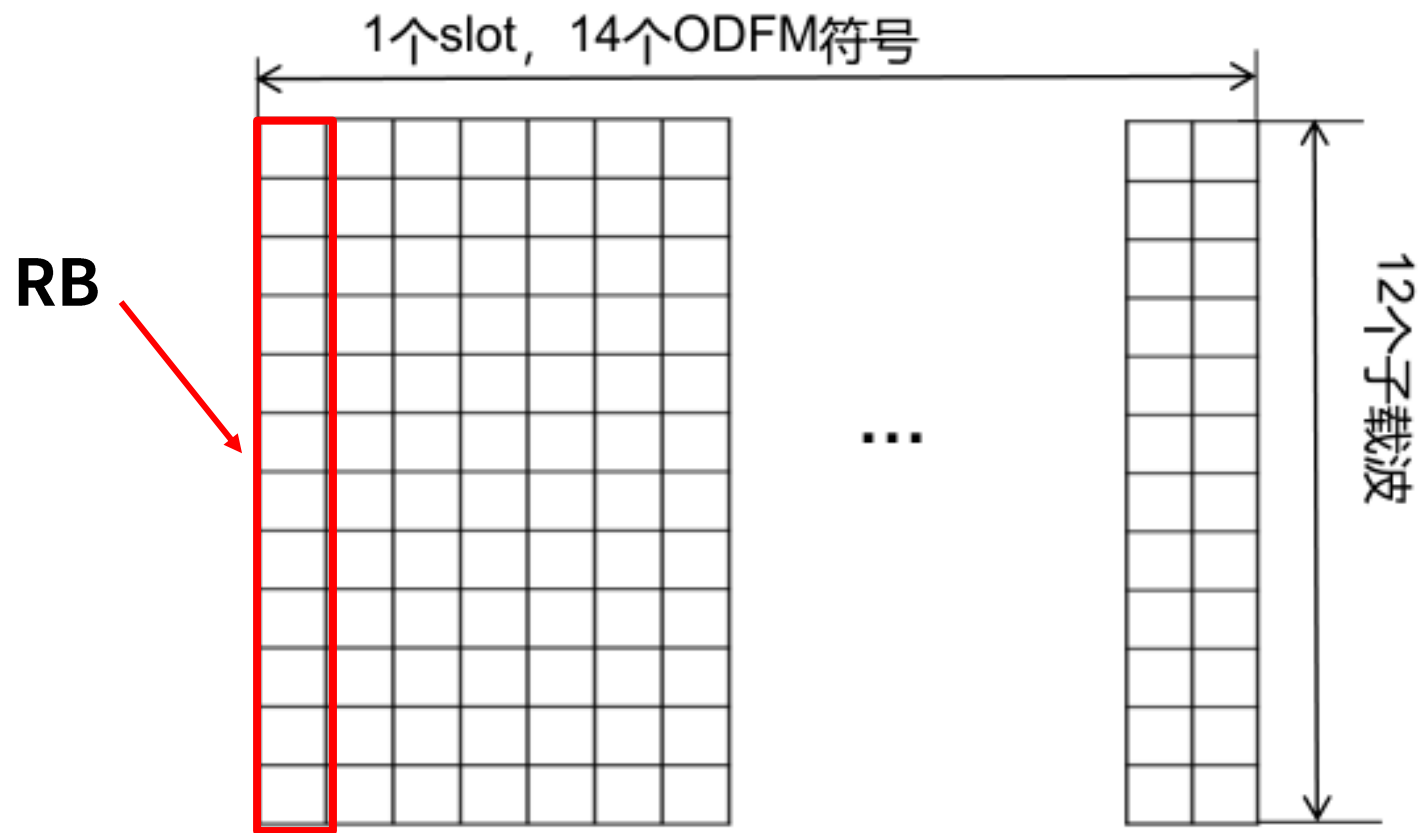
```
tdd-UL-DL-ConfigurationCommon {  
  referenceSubcarrierSpacing kHz30,  
  pattern1 {  
    dl-UL-TransmissionPeriodicity ms5,  
    nrofDownlinkSlots 7,  
    nrofDownlinkSymbols 6,  
    nrofUplinkSlots 2,  
    nrofUplinkSymbols 4  
  }  
},
```

# RE与RB

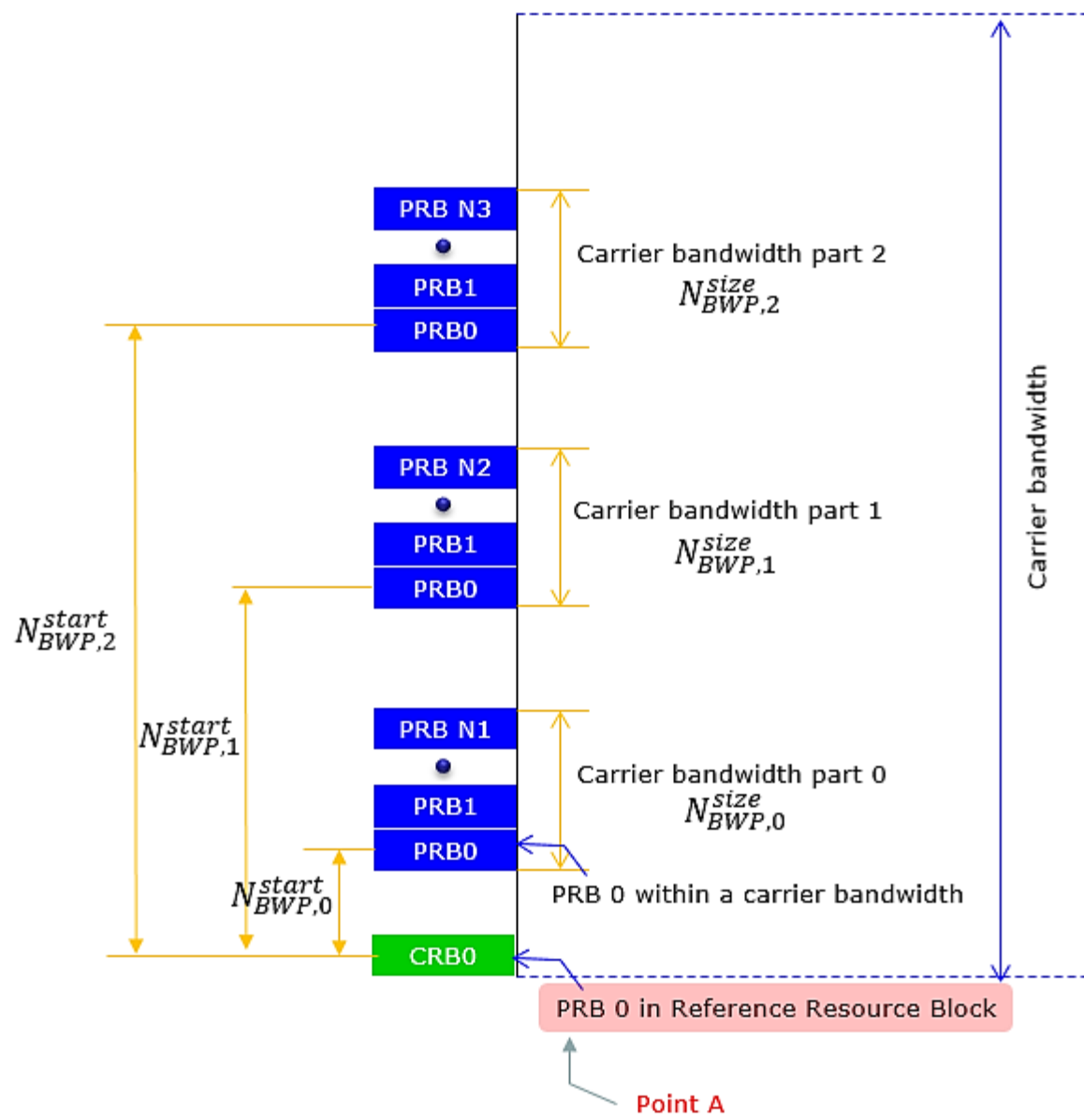


- RE ( Resource Element ) , 时间上一个OFDM符号, 频域上一个子载波。
- RB(Resource Block), 在频域连续的12子载波。

# RE与RB



# CRB与PRB



CRB: 公共资源块

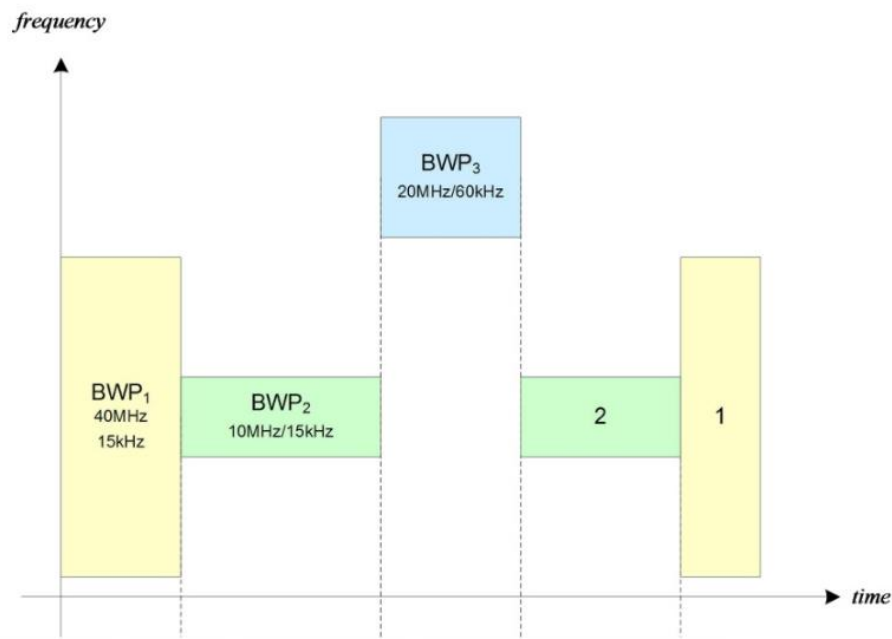
PRB: 部分带宽 (BWP) 里面的资源块



# BWP部分带宽技术

BWP的技术优势主要有四个方面：

1. UE无需支持全部带宽，只需要满足最低带宽要求即可，有利于低成本终端的开发，促进产业发展；
2. 当UE业务量不大时，UE可以切换到低带宽运行，可以非常明显的降低功耗；
3. 5G技术前向兼容，当5G添加新的技术时，可以直接将新技术在新的BWP上运行，保证了系统的前向兼容；
4. 适应业务需要，为业务动态配置BWP。



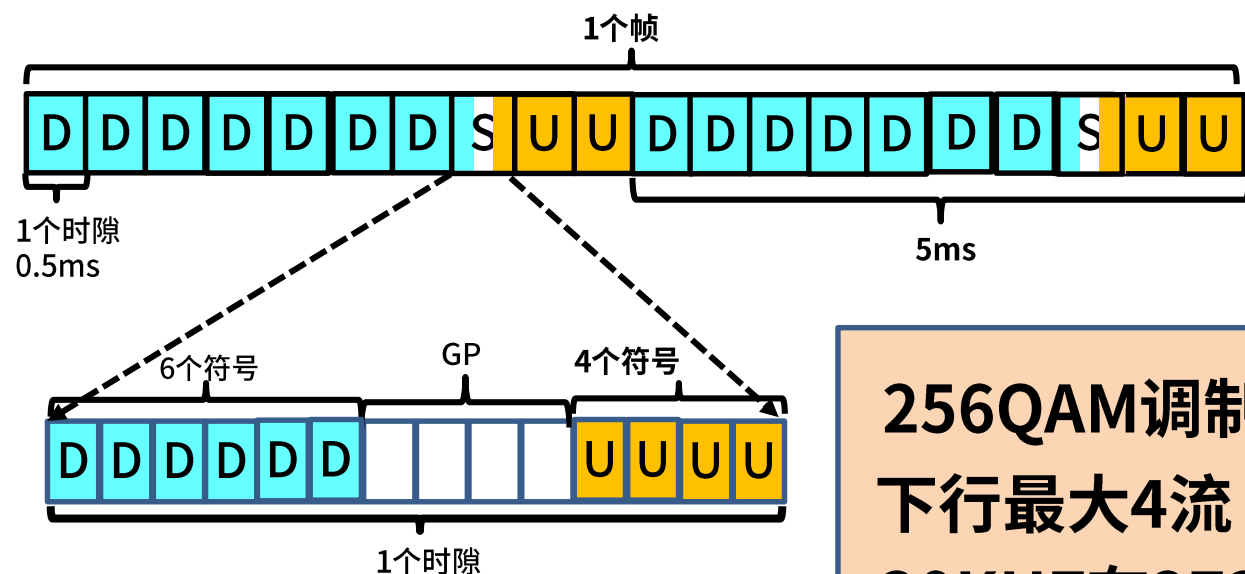
BWP不仅在 每个BWP不仅仅频点和带宽不一样，其子载波间隔（SCS）、CP类型等都可以差异化配置

为DL/UL分别最多可以配置4个专有的BWP，对同一个UE来说，DL或UL同一时刻只能有一个BWP处于激活的状态，UE在这个BWP上进行数据的收发

## 除此之外

**RBG, REG, CCE**这三个资源单位，我们留到物理信道哪里再讲解！

# 5g理论下行网速计算（粗算）



256QAM调制，一个符号传8bit数据  
下行最大4流  
30KHZ有273个RB  
1个RB=12个子载波

1个时隙



273  
RB

14个符号

以5ms单周期为例子：

普通时隙：1个时隙有14个符号，其中11个符号可以传用户数据

特殊时隙：有4个符号可以用来传用户数据

$$(273 \times 12 \times 11 \times 7 + 273 \times 12 \times 4) \times 8 \times 4 / 0.005 = 1.7 \text{ Gbps}$$

感谢观看