

图解 5G NR 随机接入过程



本资料由 “5G通信” 提供分享
更多5G资料可扫描左侧二维码下载
上千份5G资料全部免费！

初始接入意味着 UE 和 gNB（基站）之间的序列处理，以便 UE 获取上行链路同步并获得用于无线接入通信的特定 ID（C-RNTI）。用更熟悉的术语来说，这种初始接入被称为“RACH 过程”。根据文档，术语初始接入可能意味着‘下行链路同步+ RACH’。但就我而言，初始接入通常是指 RACH 过程，我为下行同步写了一个单独的页面。即使未确定详细参数（截至 2017 年 4 月），NR RACH 的总体过程与 LTE RACH 非常相似（基于 TR 38.804 v1.0.0 - Ref[32]）。因此，如果您已经熟悉 LTE RACH 过程，您将很容易理解 NR RACH 过程。如果您不熟悉 LTE RACH 过程，我强烈建议您先浏览 LTE RACH 页面并尝试熟悉该过程。

一、为什么需要随机接入？

当你第一次听到 RACH 或 RACH 过程这个词时，出现在脑中的第一个问题就是‘为什么要 RACH？’，‘RACH 过程的功能/目的是什么？’，‘为什么我们需要这种复杂的过程（看起来过于复杂）？’。当然，它不会让你感到困惑，RACH 具有非常重要的功能，特别是在 LTE 以及 WCDMA 中。RACH 的主要目的可以描述如下：

- i) 实现 UE 和 gNB 之间的上行同步
- ii) 获取 Message 3（例如 RRC Connection Request）的资源

在大多数通信中（尤其是数字通信，无论是有线还是无线），最重要的前提是在接收器和发送器之间建立定时同步。因此，无论您在研究什么通信技术，您都会看到某种专门为特定通信而设计的同步机制。

在 NR 中（LTE 和 WCDMA 也是），下行同步（发送器 = gNB，接收器 = UE）是通过特殊同步信道（SS/PBCH）来实现，有关详细信息，请参阅同步页面。该下行同步信号广播给每个人并且以一定的时间间隔周期发送。然而在上行链路（发送器 = UE，接收器 = gNB）中，如果 UE 也用这种广播/始终在线同步机制，则其效率不高（实际上浪费能量并且对其他 UE 造成大量干扰），您可以很容易理解这类问题。在上行链路中，该同步过程应满足以下标准：

- i) 同步过程应该只在必要时才会发生
- ii) 同步应仅专用于特定 UE

本文中所有复杂/混乱的故事主要是关于满足这些标准的特殊设计机制的过程。

RACH 过程的另一个目的是获得 Msg3 的资源 (Message 3) 。 RRC Connection Request 是 Msg3 的一个示例，并且根据场景存在几种不同类型的 Msg3，在阅读本文时您会弄清楚这一部分，这一点并不是很难理解。

二、 随机接入的两种类型：基于竞争和基于非竞争

接下来所述的内容与 LTE 的几乎相同。当 UE 发送 PRACH Preamble 时，它以特定模式发送，并且该特定模式被称为签名。在每个 LTE 小区中，总共有 64 个 Preamble 签名可用，并且 UE 随机选择这些签名中的一个。

UE 随机地选择这些签名之一？这是否意味着多个 UE 有可能发送具有相同签名的 PRACH？是的，有这种可能性。这意味着多个 UE 的相同 PRACH Preamble 同时到达基站。这种 PRACH 的冲突被称为竞争，并且这种类型的 RACH 过程被称为基于竞争的 RACH 过程。在这种基于竞争的 RACH 过程中，基站将在后面的步骤中经过额外的过程来解决这些冲突，这个过程称为竞争解决步骤。

但是在某些情况下，由于某种原因（例如时间限制）这种竞争是不可接受的，并且可以防止这些竞争。通常在这种情况下，基站会通知 UE 何时必须使用哪个 Preamble 签名。当然在这种情况下，Network 将会分配这些 Preamble 签名给 UE，以便不发生冲突。这种 RACH 过程称为基于非竞争的 RACH 过程。为了启动非竞争 RACH 过程，UE 应该在 RACH 过程之前处于连接态模式，正如在切换情况中那样。

1、典型的基于竞争的 RACH 过程如下：

- i) UE → NW: RACH Preamble (RA-RNTI, L2 / L3 message 大小的指示)
- ii) UE ← NW: Random Access Response (Timing Advance, TC-RNTI, L2 / L3 message 的 UL grant)
- iii) UE → NW: L2 / L3 message
- iv) UE ← NW: Message for early contention resolution

现在让我们假设在步骤 i) 发生了冲突。例如两个 UE 发送 PRACH, 在这种情况下, UE 将在步骤 ii) 接收相同的 TC-RNTI 和资源分配。因此两个 UE 将在步骤 iii) 通过相同的资源分配 (意味着具有相同的时频位置) 向基站发送 L2 / L3 消息。当两个 UE 在完全相同的时频位置上发送完全相同的信息时会发生什么? 一种可能性是这两个信号对彼此起干扰作用, 并且基站不对它们进行解码。在这种情况下, UE 中没有一个会从基站侧获得任何响应 (HARQ ACK), 并且它们都认为 RACH 过程已经失败并返回到步骤 i)。另一种可能性是基站仅成功解码其中一个 UE 的消息, 对另外一个 UE 失败解码。在这种情况下, 被基站成功解码 L2 / L3 消息的 UE 将从基站侧获得 HARQ ACK。给步骤 iii) 消息的 HARQ ACK 过程称为 “竞争解决” 过程。

2、典型的基于非竞争的 RACH 过程如下:

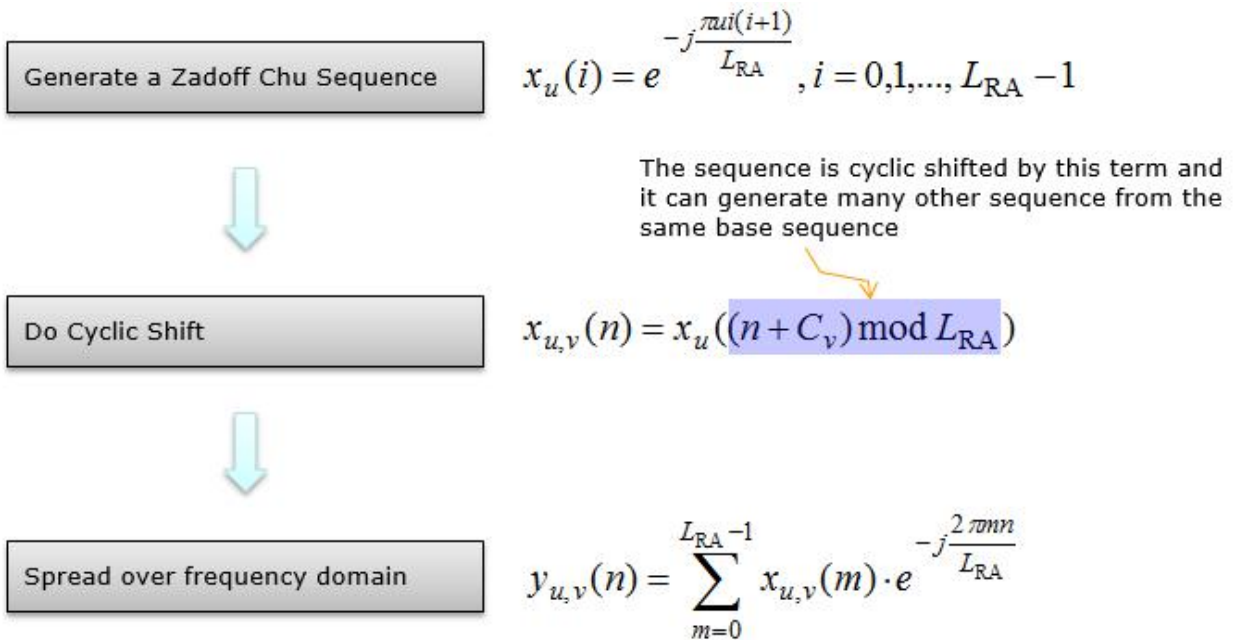
- i) UE \leftarrow NW: RACH Preamble (PRACH) 分配
- ii) UE \rightarrow NW: RACH Preamble (RA-RNTI, L2 / L3 message 大小的指示)
- iii) UE \leftarrow NW: Random Access Response (Timing Advance, C-RNTI, L2 / L3 message 的 UL grant)

三、与 LTE 随机接入过程的根本区别

如上所述, NR 的整个协议序列与 LTE 几乎相同。LTE RACH 和 NR RACH 之间的主要区别就在于 RACH Preamble 被传输之前的过程。由于 BeamForming (波束赋形) 在 NR 中是默认支持的, 特别是在 mmWave (毫米波) 中, 当 NR 运行在 BeamForming 模式下, UE 需要检测并选择用于 RACH 过程的最佳波束。该波束选择过程将是 LTE RACH 和 NR RACH 之间的根本区别。

四、Preamble 序列生成过程

与 LTE Preamble 序列一样，NR Preamble 序列也是基于 Zadoff Chu 序列。整体序列生成如下。



详细的序列生成算法可以总结如下。虽然细节不同，但基本上与 LTE 是类似的。就序列长度而言，这里有两种类型的序列（ $L_{RA} = 139$ 和 839 ）。

< Frequency Domain Sequence Generation >

基于 38.211-6.3.3.1, 以下是在频域中生成 PRACH 序列的方程式。

$$\begin{aligned}
 & x_u(i) = e^{-j \frac{\pi u i(i+1)}{L_{RA}}}, i = 0, 1, \dots, L_{RA} - 1 \\
 & x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod L_{RA}) \\
 & y_{u,v}(n) = \sum_{m=0}^{L_{RA}-1} x_{u,v}(m) \cdot e^{-j \frac{2\pi mn}{L_{RA}}} \\
 & C_v = \begin{cases} vN_{CS} & v = 0, 1, \dots, \lfloor L_{RA}/N_{CS} \rfloor - 1, N_{CS} \neq 0 \text{ for unrestricted sets} \\ 0 & N_{CS} = 0 \text{ for unrestricted sets} \\ d_{start} \lfloor v/n_{shift}^{RA} \rfloor + (v \bmod n_{shift}^{RA}) N_{CS} & v = 0, 1, \dots, w-1 \text{ for restricted sets type A} \end{cases} \\
 & \text{Determined by zeroCorrelationZoneConfig (38.211-Table 6.3.3.1-3)} \\
 & w = n_{shift}^{RA} n_{group}^{RA} + \bar{n}_{shift}^{RA} \\
 & d_u = \begin{cases} q & 0 \leq q < L_{RA}/2 \\ L_{RA} - q & \text{otherwise} \end{cases} \\
 & \text{For } N_{CS} \leq d_u < L_{RA}/3 \\
 & \quad n_{shift}^{RA} = \lfloor d_u / N_{CS} \rfloor \\
 & \quad d_{start} = 2d_u + n_{shift}^{RA} N_{CS} \\
 & \quad n_{group}^{RA} = \lfloor L_{RA} / d_{start} \rfloor \\
 & \quad \bar{n}_{shift}^{RA} = \max(\lfloor (L_{RA} - 2d_u - n_{group}^{RA} d_{start}) / N_{CS} \rfloor, 0) \\
 & \text{For } L_{RA}/3 \leq d_u \leq (L_{RA} - N_{CS})/2 \\
 & \quad n_{shift}^{RA} = \lfloor (L_{RA} - 2d_u) / N_{CS} \rfloor \\
 & \quad d_{start} = L_{RA} - 2d_u + n_{shift}^{RA} N_{CS} \\
 & \quad n_{group}^{RA} = \lfloor d_u / d_{start} \rfloor \\
 & \quad \bar{n}_{shift}^{RA} = \min(\max(\lfloor (d_u - n_{group}^{RA} d_{start}) / N_{CS} \rfloor, 0), n_{shift}^{RA}) \\
 & \text{For all other values of } d_u, \text{ there are no cyclic shifts in the restricted set}
 \end{aligned}$$

Frequency Domain Representation

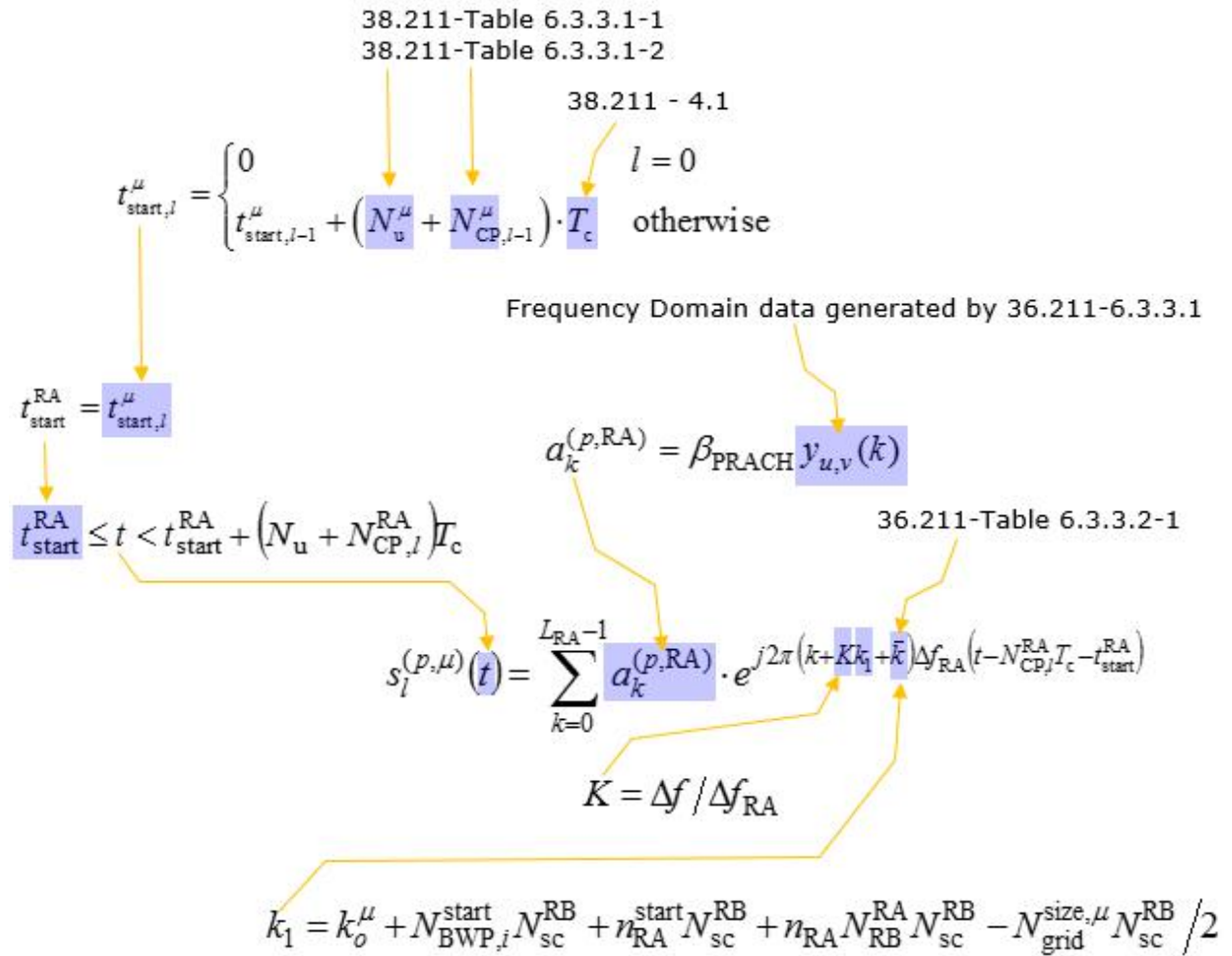
127 or 139 or 839

38.211-Table 6.3.3.1-1

38.211-Table 6.3.3.1-2

<Time Domain Sequence Generation >

以下是生成 PRACH 时域序列的方程式。下图基本上是对上图生成的频域数据进行 IFFT。



五、 zeroCorrelationZoneConfig 和 Ncs

上述方程式中的 N_{cs} 由 RRC 消息中的 zeroCorrelationZoneConfig 确定，并且该值由以下映射表确定。以下两个表（表 6.3.3.1-5 和表 6.3.3.1-6）适用于长序列 RACH Preambles：

<38.211-Table 6.3.3.1-5: N_{cs} for preamble formats with $\Delta f^{RA} = 1.25 \text{ kHz}$ >

zeroCorrelationZoneConfig	N_{cs} value		
	Unrestricted set	Restricted set type A	Restricted set type B
0	0	15	15
1	13	18	18
2	15	22	22
3	18	26	26
4	22	32	32
5	26	38	38
6	32	46	46
7	38	55	55
8	46	68	68
9	59	82	82
10	76	100	100
11	93	128	118
12	119	158	137
13	167	202	-
14	279	237	-
15	419	-	-

<38.211-Table 6.3.3.1-6: N_{cs} for preamble formats with $\Delta f^{RA} = 5 \text{ kHz}$ >

zeroCorrelationZoneConfig	N_{CS} value		
	Unrestricted set	Restricted set type A	Restricted set type B
0	0	36	36
1	13	57	57
2	26	72	60
3	33	81	63
4	38	89	65
5	41	94	68
6	49	103	71
7	55	112	77
8	64	121	81
9	76	132	85
10	93	137	97
11	119	152	109
12	139	173	122
13	209	195	137
14	279	216	-
15	419	237	-

下表（表 6.3.3.1-7）适用于短序列 RACH Preambles：

<38.211-Table 6.3.3.1-7: N_{CS} for preamble formats with $\Delta f^{RA} = 15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$, $\mu \in \{0,1,2,3\}$ >

zeroCorrelationZoneConfig	N_{CS} value
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
6	12
7	13
8	15
9	17
10	19
11	23
12	27
13	34
14	46
15	69

六、根序列索引

与 LTE 根序列索引一样，NR 在 RRC 层和物理层给根序列索引使用不同的编号系统，并且这两者之间的映射定义如下表所示。

<38.211-Table 6.3.3.1-3: Mapping from PRACHRootSequenceIndex i to sequence number u for preamble formats with $L_{RA} = 839$ >

PRACHRootSequenceIndex in SIB

$$x_u(i) = e^{-j \frac{\pi u(i+1)}{L_{RA}}}, i = 0, 1, \dots, L_{RA} - 1$$

<i>i</i>	Sequence number <i>u</i> in increasing order of <i>i</i>																			
0 – 19	129	710	140	699	120	719	210	629	168	671	84	755	105	734	93	746	70	769	60	779
20 – 39	2	837	1	838	56	783	112	727	148	691	80	759	42	797	40	799	35	804	73	766
40 – 59	146	693	31	808	28	811	30	809	27	812	29	810	24	815	48	791	68	771	74	765
60 – 79	178	661	136	703	86	753	78	761	43	796	39	800	20	819	21	818	95	744	202	637
80 – 99	190	649	181	658	137	702	125	714	151	688	217	622	128	711	142	697	122	717	203	636
100 – 119	118	721	110	729	89	750	103	736	61	778	55	784	15	824	14	825	12	827	23	816
120 – 139	34	805	37	802	46	793	207	632	179	660	145	694	130	709	223	616	228	611	227	612
140 – 159	132	707	133	706	143	696	135	704	161	678	201	638	173	666	106	733	83	756	91	748
160 – 179	66	773	53	786	10	829	9	830	7	832	8	831	16	823	47	792	64	775	57	782
180 – 199	104	735	101	738	108	731	208	631	184	655	197	642	191	648	121	718	141	698	149	690
200 – 219	216	623	218	621	152	687	144	695	134	705	138	701	199	640	162	677	176	663	119	720
220 – 239	158	681	164	675	174	665	171	668	170	669	87	752	169	670	88	751	107	732	81	758
240 – 259	82	757	100	739	98	741	71	768	59	780	65	774	50	789	49	790	26	813	17	822
260 – 279	13	826	6	833	5	834	33	806	51	788	75	764	99	740	96	743	97	742	166	673
280 – 299	172	667	175	664	187	652	163	676	185	654	200	639	114	725	189	650	115	724	194	645
300 – 319	195	644	192	647	182	657	157	682	156	683	211	628	154	685	123	716	139	700	212	627
320 – 339	153	686	213	626	215	624	150	689	225	614	224	615	221	618	220	619	127	712	147	692
340 – 359	124	715	193	646	205	634	206	633	116	723	160	679	186	653	167	672	79	760	85	754
360 – 379	77	762	92	747	58	781	62	777	69	770	54	785	36	803	32	807	25	814	18	821
380 – 399	11	828	4	835	3	836	19	820	22	817	41	798	38	801	44	795	52	787	45	794
400 – 419	63	776	67	772	72	767	76	763	94	745	102	737	90	749	109	730	165	674	111	728
420 – 439	209	630	204	635	117	722	188	651	159	680	198	641	113	726	183	656	180	659	177	662
440 – 459	196	643	155	684	214	625	126	713	131	708	219	620	222	617	226	613	230	609	232	607
460 – 479	262	577	252	587	418	421	416	423	413	426	411	428	376	463	395	444	283	556	285	554
480 – 499	379	460	390	449	363	476	384	455	388	451	386	453	361	478	387	452	360	479	310	529
500 – 519	354	485	328	511	315	524	337	502	349	490	335	504	324	515	323	516	320	519	334	505
520 – 539	359	480	295	544	385	454	292	547	291	548	381	458	399	440	380	459	397	442	369	470
540 – 559	377	462	410	429	407	432	281	558	414	425	247	592	277	562	271	568	272	567	264	575
560 – 579	259	580	237	602	239	600	244	595	243	596	275	564	278	561	250	589	246	593	417	422
580 – 599	248	591	394	445	393	446	370	469	365	474	300	539	299	540	364	475	362	477	298	541
600 – 619	312	527	313	526	314	525	353	486	352	487	343	496	327	512	350	489	326	513	319	520
620 – 639	332	507	333	506	348	491	347	492	322	517	330	509	338	501	341	498	340	499	342	497
640 – 659	301	538	366	473	401	438	371	468	408	431	375	464	249	590	269	570	238	601	234	605
660 – 679	257	582	273	566	255	584	254	585	245	594	251	588	412	427	372	467	282	557	403	436
680 – 699	396	443	392	447	391	448	382	457	389	450	294	545	297	542	311	528	344	495	345	494
700 – 719	318	521	331	508	325	514	321	518	346	493	339	500	351	488	306	533	289	550	400	439
720 – 739	378	461	374	465	415	424	270	569	241	598	231	608	260	579	268	571	276	563	409	430
740 – 759	398	441	290	549	304	535	308	531	358	481	316	523	293	546	288	551	284	555	368	471
760 – 779	253	586	256	583	263	576	242	597	274	565	402	437	383	456	357	482	329	510	317	522
780 – 799	307	532	286	553	287	552	266	573	261	578	236	603	303	536	356	483	355	484	405	434
800 – 819	404	435	406	433	235	604	267	572	302	537	309	530	265	574	233	606	367	472	296	543
820 – 837	336	503	305	534	373	466	280	559	279	560	419	420	240	599	258	581	229	610	-	-

<38.211-Table 6.3.3.1-4: Mapping from PRACHRootSequenceIndex *i* to sequence number *u* for preamble formats with $L_{RA} = 139$ >

PRACHRootSequenceIndex in SIB

$$x_u(i) = e^{-j \frac{\pi u i(i+1)}{L_{RA}}}, i = 0, 1, \dots, L_{RA} - 1$$

<i>i</i>	Sequence number <i>u</i> in increasing order of <i>i</i>															
0 – 19	1	138	2	137	3	136	4	135	5	134	6	133	7	132	8	131
20 – 39	11	128	12	127	13	126	14	125	15	124	16	123	17	122	18	121
40 – 59	21	118	22	117	23	116	24	115	25	114	26	113	27	112	28	111
60 – 79	31	108	32	107	33	106	34	105	35	104	36	103	37	102	38	101
80 – 99	41	98	42	97	43	96	44	95	45	94	46	93	47	92	48	91
100 – 119	51	88	52	87	53	86	54	85	55	84	56	83	57	82	58	81
120 – 137	61	78	62	77	63	76	64	75	65	74	66	73	67	72	68	71
138 – 837	N/A															

七、Preamble 格式

NR 也使用各种类型的 Preamble 格式，如下所示。您会注意到 NR PRACH preamble 格式比 LTE preamble 格式更加多样化。如下表所示，根据 preamble 的子载波间隔，我们会使用两种不同长度 (L_RA) 的 PRACH preamble。

当 PRACH preamble 的子载波间隔是 1.25 或 5Khz 时，我们使用长序列 (L_RA = 839)，如下表所示。（注意：关于'Restricted sets', 请参阅 zeroCorrelationZoneConfig 和 Ncs)

<38.211 - Table 6.3.3.1-1: PRACH preamble formats for $L_{RA} = 839$ and $\Delta f^{RA} \in \{1.25, 5\}$ >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
0	839	1.25 kHz	24576κ	3168κ	Type A, Type B
1	839	1.25 kHz	$2 \cdot 24576 \kappa$	21024κ	Type A, Type B
2	839	1.25 kHz	$4 \cdot 24576 \kappa$	4688κ	Type A, Type B
3	839	5 kHz	$4 \cdot 6144 \kappa$	3168κ	Type A, Type B

当 PRACH preamble 的子载波间隔是 15,30,60 或 120Khz 时，我们使用短序列 (L_RA = 139)，如下表所示。（注意：关于'Restricted sets', 请参阅 zeroCorrelationZoneConfig 和 Ncs)

<38.211 - Table 6.3.3.1-2: Preamble formats for $L_{RA} = 139$ and $\Delta f^{RA} = 15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$ where $\mu \in \{0,1,2,3\}$ >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
A1	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$288 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
A2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$576 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
A3	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$864 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B1	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B3	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B4	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
C0	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
C2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	

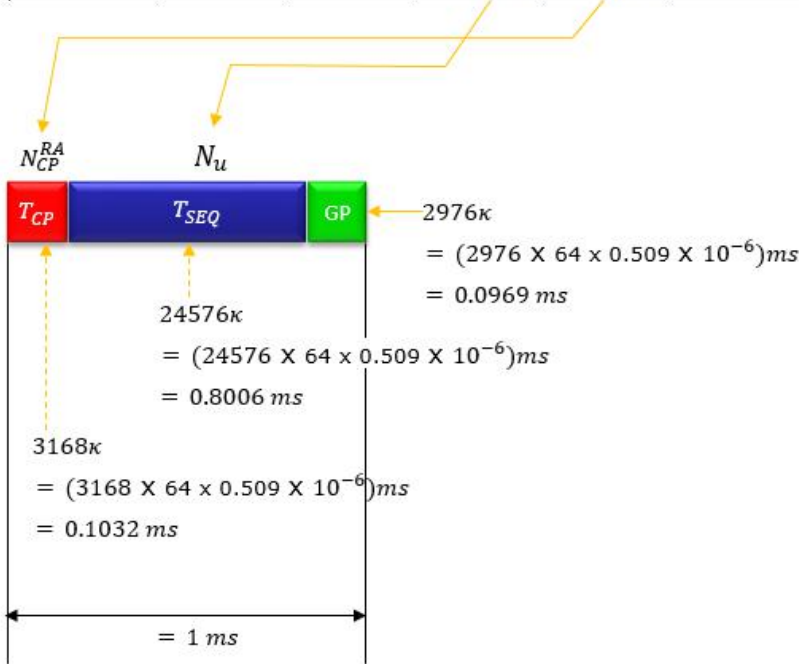
注意：Kappa 在 38.211-4.1 中被定义为 64，如下所示。（有关详细信息，请参阅“定时单元” 页面）

$$\kappa = T_s / T_c = 64$$

以下是 RACH Preamble 时域结构的说明。该图中的 GP（GAP）长度来自 Ref 36。
0.509ns ($0.509 \times 10^{-6} \text{ms}$) 是参数 T_c 的值，64 是参数 K （Kappa）的值。

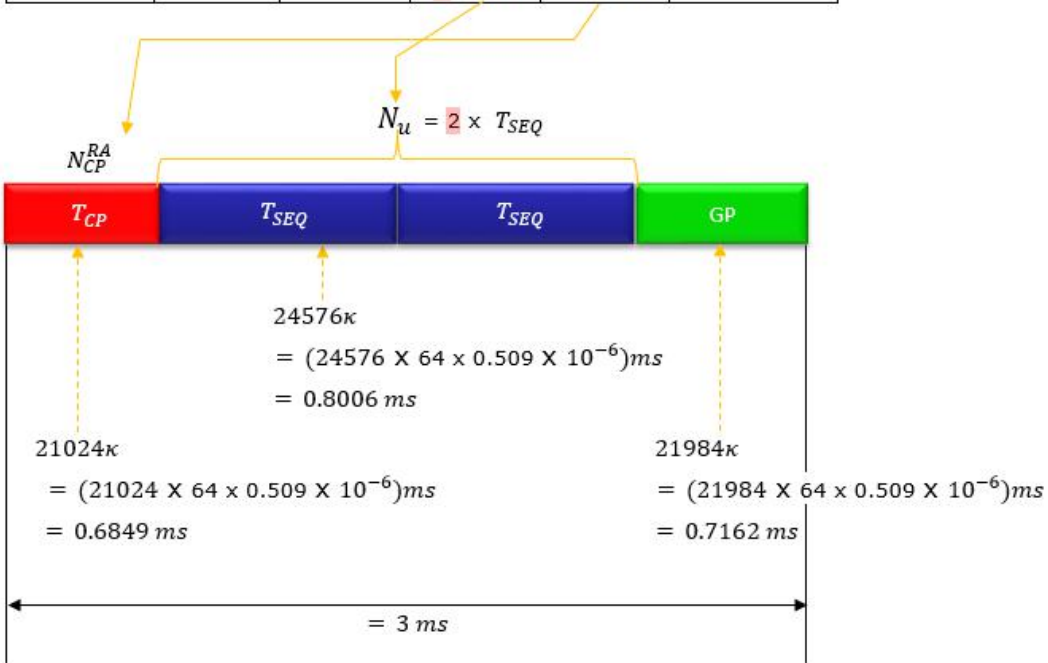
< Preamble Format 0 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
0	839	1.25 kHz	24576κ	3168κ	Type A, Type B



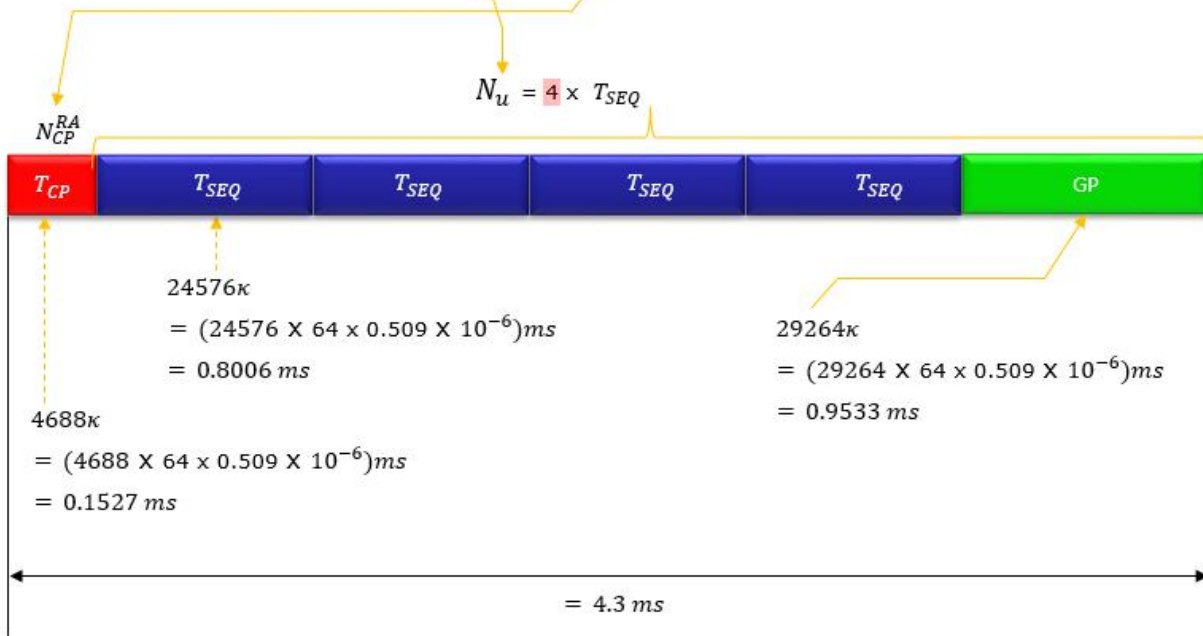
< Preamble Format 1 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
1	839	1.25 kHz	$2 \cdot 24576 \kappa$	21024κ	Type A, Type B



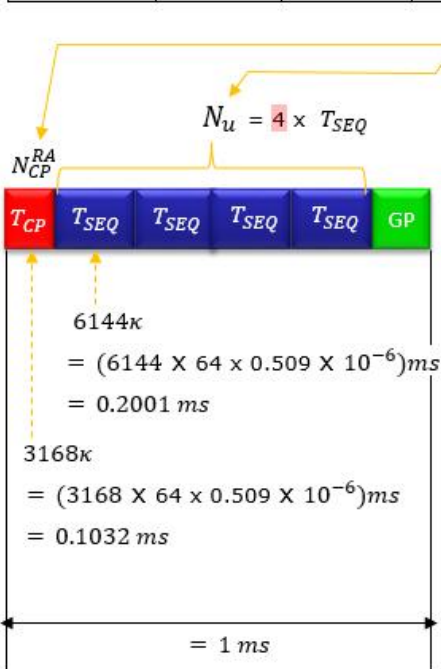
< Preamble Format 2 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
2	839	1.25 kHz	$4 \cdot 24576 \kappa$	4688κ	Type A, Type B



< Preamble Format 3 >

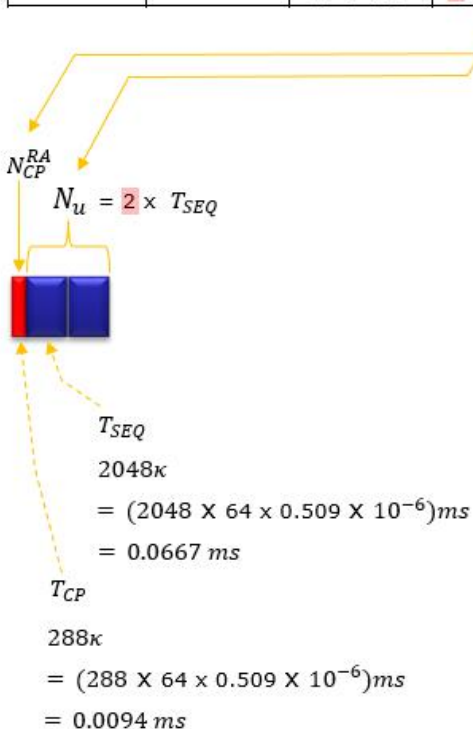
Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
3	839	5 kHz	$4 \cdot 6144 \kappa$	3168κ	Type A, Type B



下图介绍了短序列 preamble 格式的 A, B, C 类型。这里计算的长度是基于 15Khz (u = 0) 频率间隔的。随着频率间隔变宽 (例如 30,60,120,240Khz) , 其时域长度会变短。

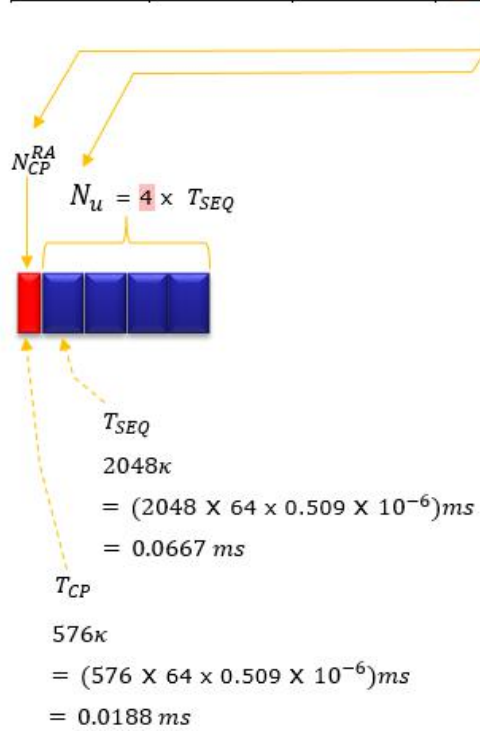
< Preamble Format A1 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
A1	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$288 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



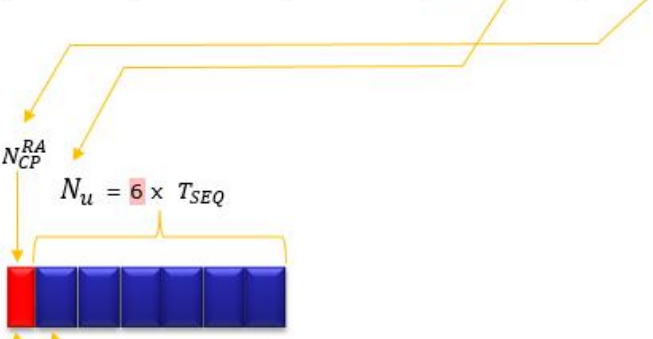
< Preamble Format A2 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
A2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$576 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



< Preamble Format A3 >

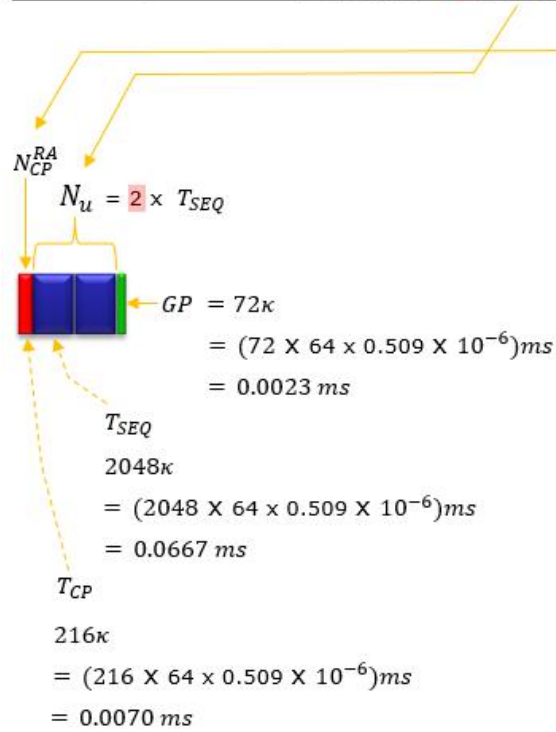
Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
A3	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$864 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



N_{CP}^{RA}
 $N_u = 6 \times T_{SEQ}$
 T_{SEQ}
 2048κ
 $= (2048 \times 64 \times 0.509 \times 10^{-6})ms$
 $= 0.0667 \text{ ms}$
 T_{CP}
 864κ
 $= (576 \times 64 \times 0.509 \times 10^{-6})ms$
 $= 0.0281 \text{ ms}$

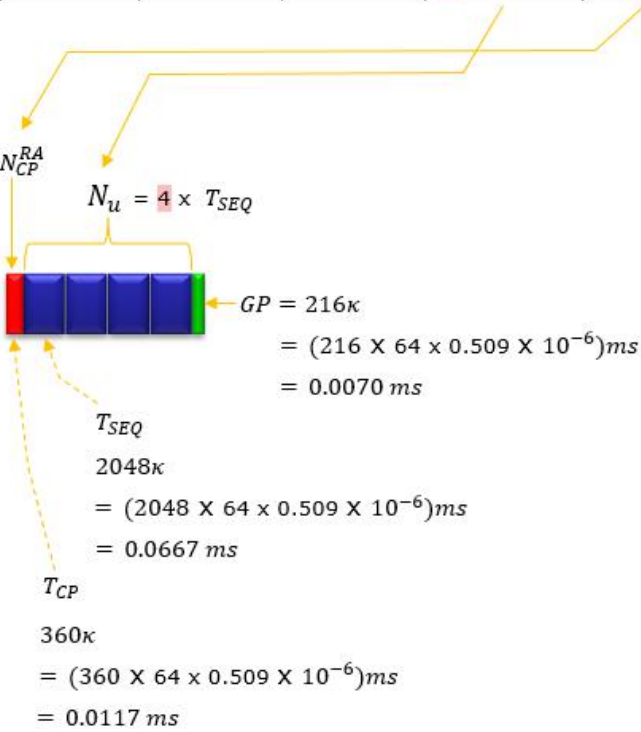
< Preamble Format B1 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
B1	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



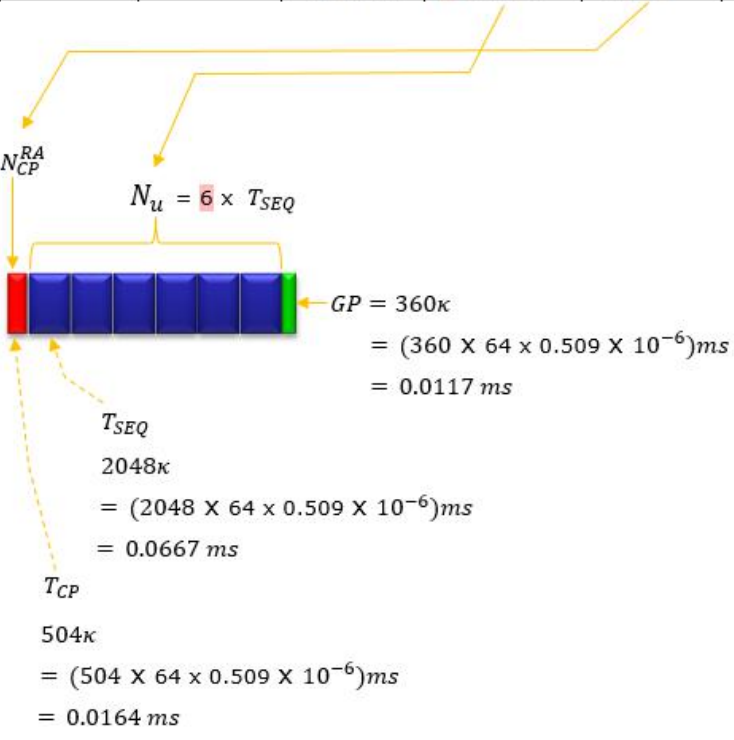
< Preamble Format B2 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
B2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



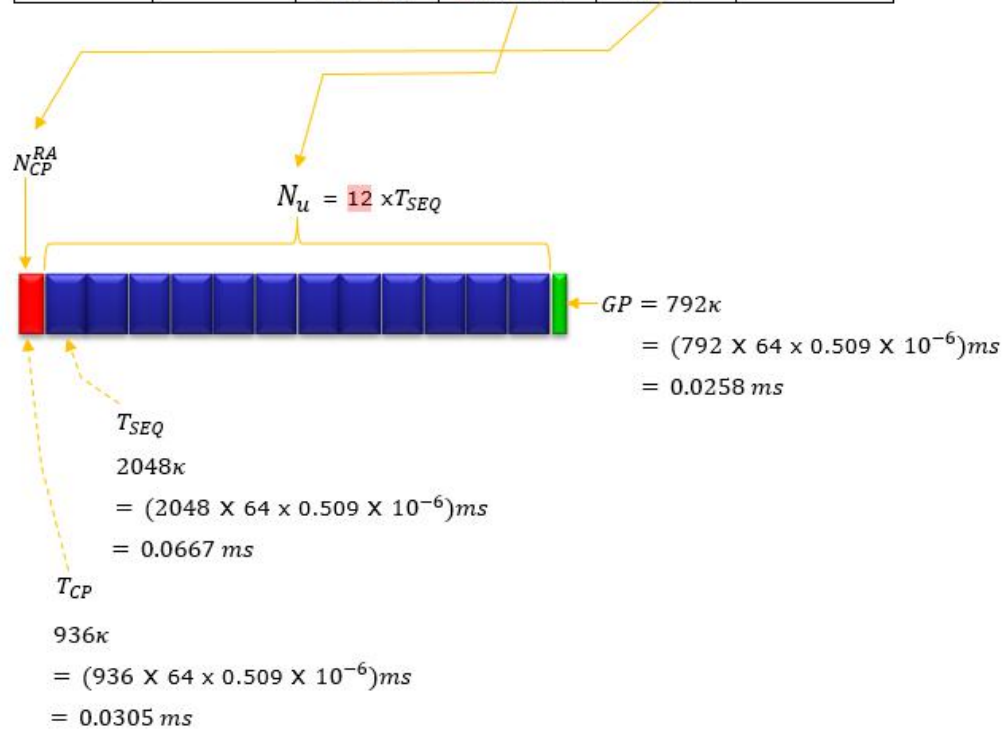
< Preamble Format B3 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
B3	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



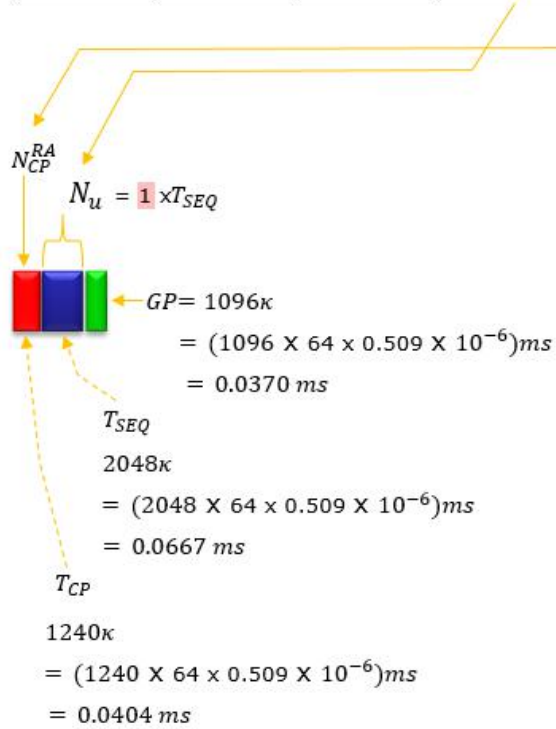
< Preamble Format B4 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
B4	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



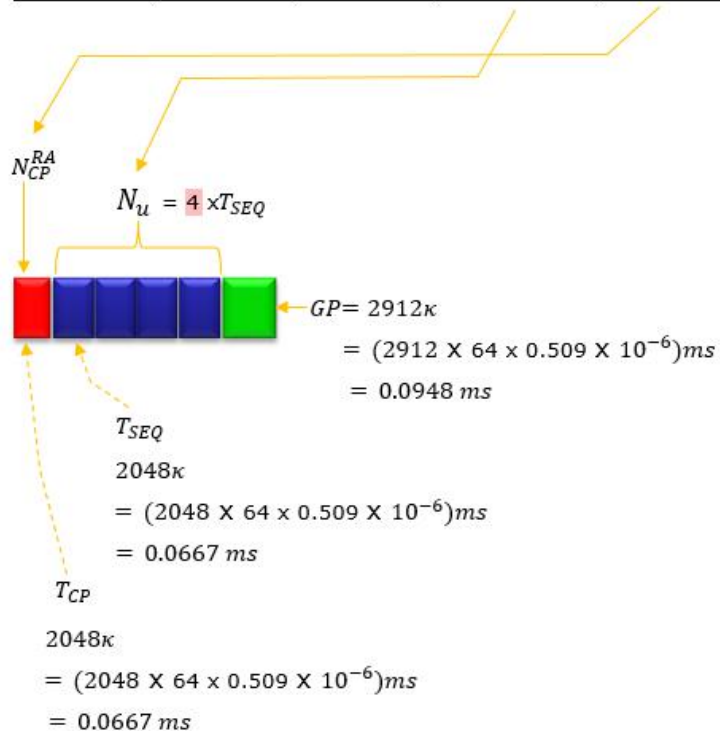
< Preamble Format C0 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
C0	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-



< Preamble Format C2 >

Format	L_{RA}	Δf^{RA}	N_u	N_{CP}^{RA}	Support for restricted sets
C2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	



八、随机接入配置

跟 LTE 一样，NR Random Access Configuration 是一个参数，用来确定 UE 何时（即哪个无线帧和哪个子帧）发送 PRACH preamble 以及它应该发送哪种 preamble format。如果您熟悉 LTE RACH configuration table 的解释，您将很容易理解该表。除了 $n_{SFN} \bmod x = y$ 这部分，其他的与 LTE 都相同。

<38.211 v15.1.0-Table 6.3.3.2-2: Random access configurations for FR1 and paired spectrum/supplementary uplink>

PRACH Configuration Index	Preamble Format	n_SFN mode x= y		Subframe number	Starting Symbol	Number of PRACH slots within a subframe	$N_t^{RA,slot}$ number of time - domain PRACH occasions within a RACH slots	N_{dur}^{RA} PRACH duration
		x	y					
0	0	16	1	1	0	-	-	0
1	0	16	1	4	0	-	-	0
2	0	16	1	7	0	-	-	0
3	0	16	1	9	0	-	-	0
4	0	8	1	1	0	-	-	0
5	0	8	1	4	0	-	-	0
6	0	8	1	7	0	-	-	0
7	0	8	1	9	0	-	-	0
8	0	4	1	1	0	-	-	0
9	0	4	1	4	0	-	-	0
10	0	4	1	7	0	-	-	0
11	0	4	1	9	0	-	-	0
12	0	2	1	1	0	-	-	0
13	0	2	1	4	0	-	-	0
14	0	2	1	7	0	-	-	0
15	0	2	1	9	0	-	-	0
16	0	1	0	1	0	-	-	0
17	0	1	0	4	0	-	-	0
18	0	1	0	7	0	-	-	0
19	0	1	0	1,6	0	-	-	0
20	0	1	0	2,7	0	-	-	0
21	0	1	0	3,8	0	-	-	0
22	0	1	0	1,4,7	0	-	-	0
23	0	1	0	2,5,8	0	-	-	0
24	0	1	0	3, 6, 9	0	-	-	0
25	0	1	0	0,2,4,6,8	0	-	-	0
26	0	1	0	1,3,5,7,9	0	-	-	0

27	0	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	-	-	0
28	1	16	1	1	0	-	-	0
29	1	16	1	4	0	-	-	0
30	1	16	1	7	0	-	-	0
31	1	16	1	9	0	-	-	0
32	1	8	1	1	0	-	-	0
33	1	8	1	4	0	-	-	0
34	1	8	1	7	0	-	-	0
35	1	8	1	9	0	-	-	0
36	1	4	1	1	0	-	-	0
37	1	4	1	4	0	-	-	0
38	1	4	1	7	0	-	-	0
39	1	4	1	9	0	-	-	0
40	1	2	1	1	0	-	-	0
41	1	2	1	4	0	-	-	0
42	1	2	1	7	0	-	-	0
43	1	2	1	9	0	-	-	0
44	1	1	0	1	0	-	-	0
45	1	1	0	4	0	-	-	0
46	1	1	0	7	0	-	-	0
47	1	1	0	1,6	0	-	-	0
48	1	1	0	2,7	0	-	-	0
49	1	1	0	3,8	0	-	-	0
50	1	1	0	1,4,7	0	-	-	0
51	1	1	0	2,5,8	0	-	-	0
52	1	1	0	3,6,9	0	-	-	0
53	2	16	1	1	0	-	-	0
54	2	8	1	1	0	-	-	0
55	2	4	0	1	0	-	-	0
56	2	2	0	1	0	-	-	0
57	2	2	0	5	0	-	-	0
58	2	1	0	1	0	-	-	0
59	2	1	0	5	0	-	-	0
60	3	16	1	1	0	-	-	0
61	3	16	1	4	0	-	-	0
62	3	16	1	7	0	-	-	0
63	3	16	1	9	0	-	-	0
64	3	8	1	1	0	-	-	0
65	3	8	1	4	0	-	-	0
66	3	8	1	7	0	-	-	0
67	3	4	1	1	0	-	-	0

68	3	4	1	4	0	-	-	0
69	3	4	1	7	0	-	-	0
70	3	4	1	9	0	-	-	0
71	3	2	1	1	0	-	-	0
72	3	2	1	4	0	-	-	0
73	3	2	1	7	0	-	-	0
74	3	2	1	9	0	-	-	0
75	3	1	0	1	0	-	-	0
76	3	1	0	4	0	-	-	0
77	3	1	0	7	0	-	-	0
78	3	1	0	1,6	0	-	-	0
79	3	1	0	2,7	0	-	-	0
80	3	1	0	3,8	0	-	-	0
81	3	1	0	1,4,7	0	-	-	0
82	3	1	0	2,5,8	0	-	-	0
83	3	1	0	3, 6, 9	0	-	-	0
84	3	1	0	0,2,4,6,8	0	-	-	0
85	3	1	0	1,3,5,7,9	0	-	-	0
86	3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	-	-	0
87	A1	16	0	4,9	0	1	6	2
88	A1	16	1	4	0	2	6	2
89	A1	8	0	4,9	0	1	6	2
90	A1	8	1	4	0	2	6	2
91	A1	4	0	4,9	0	1	6	2
92	A1	4	1	4,9	0	1	6	2
93	A1	4	0	4	0	2	6	2
94	A1	2	0	4,9	0	1	6	2
95	A1	2	0	1	0	2	6	2
96	A1	2	0	4	0	2	6	2
97	A1	2	0	7	0	2	6	2
98	A1	1	0	4	0	1	6	2
99	A1	1	0	1,6	0	1	6	2
100	A1	1	0	4,9	0	1	6	2
101	A1	1	0	1	0	2	6	2
102	A1	1	0	7	0	2	6	2
103	A1	1	0	2,7	0	2	6	2
104	A1	1	0	1,4,7	0	2	6	2
105	A1	1	0	0,2,4,6,8	0	2	6	2
106	A1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	6	2
107	A1	1	0	1,3,5,7,9	0	2	6	2
108	A1/B1	2	0	4,9	0	1	7	2

109	A1/B1	2	0	4	0	2	7	2
110	A1/B1	1	0	4	0	1	7	2
111	A1/B1	1	0	1,6	0	1	7	2
112	A1/B1	1	0	4,9	0	1	7	2
113	A1/B1	1	0	1	0	2	7	2
114	A1/B1	1	0	7	0	2	7	2
115	A1/B1	1	0	1,4,7	0	2	7	2
116	A1/B1	1	0	0,2,4,6,8	0	2	7	2
117	A2	16	1	2,6,9	0	1	3	4
118	A2	16	1	4	0	2	3	4
119	A2	8	1	2,6,9	0	1	3	4
120	A2	8	1	4	0	2	3	4
121	A2	4	0	2,6,9	0	1	3	4
122	A2	4	0	4	0	2	3	4
123	A2	2	1	2,6,9	0	1	3	4
124	A2	2	0	1	0	2	3	4
125	A2	2	0	4	0	2	3	4
126	A2	2	0	7	0	2	3	4
127	A2	1	0	4	0	1	3	4
128	A2	1	0	1,6	0	1	3	4
129	A2	1	0	4,9	0	1	3	4
130	A2	1	0	1	0	2	3	4
131	A2	1	0	7	0	2	3	4
132	A2	1	0	2,7	0	2	3	4
133	A2	1	0	1,4,7	0	2	3	4
134	A2	1	0	0,2,4,6,8	0	2	3	4
135	A2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	3	4
136	A2	1	0	1,3,5,7,9	0	2	3	4
137	A2/B2	2	1	2,6,9	0	1	3	4
138	A2/B2	2	0	4	0	2	3	4
139	A2/B2	1	0	4	0	1	3	4
140	A2/B2	1	0	1,6	0	1	3	4
141	A2/B2	1	0	4,9	0	1	3	4
142	A2/B2	1	0	1	0	2	3	4
143	A2/B2	1	0	7	0	2	3	4
144	A2/B2	1	0	1,4,7	0	2	3	4
145	A2/B2	1	0	0,2,4,6,8	0	2	3	4
146	A2/B2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	3	4
147	A3	16	1	4,9	0	1	2	6
148	A3	16	1	4	0	2	2	6
149	A3	8	1	4,9	0	1	2	6

150	A3	8	1	4	0	2	2	6
151	A3	4	0	4,9	0	1	2	6
152	A3	4	0	4	0	2	2	6
153	A3	2	1	2,6,9	0	2	2	6
154	A3	2	0	1	0	2	2	6
155	A3	2	0	4	0	2	2	6
156	A3	2	0	7	0	2	2	6
157	A3	1	0	4	0	1	2	6
158	A3	1	0	1,6	0	1	2	6
159	A3	1	0	4,9	0	1	2	6
160	A3	1	0	1	0	2	2	6
161	A3	1	0	7	0	2	2	6
162	A3	1	0	2,7	0	2	2	6
163	A3	1	0	1,4,7	0	2	2	6
164	A3	1	0	0,2,4,6,8	0	2	2	6
165	A3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	2	6
166	A3	1	0	1,3,5,7,9	0	2	2	6
167	A3/B3	2	1	2,6,9	0	2	2	6
168	A3/B3	2	0	4	0	2	2	6
169	A3/B3	1	0	4	0	1	2	6
170	A3/B3	1	0	1,6	0	1	2	6
171	A3/B3	1	0	4,9	0	1	2	6
172	A3/B3	1	0	1	0	2	2	6
173	A3/B3	1	0	7	0	2	2	6
174	A3/B3	1	0	1,4,7	0	2	2	6
175	A3/B3	1	0	0,2,4,6,8	0	2	2	6
176	A3/B3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	2	6
177	B1	16	0	4,9	0	1	7	2
178	B1	16	1	4	0	2	7	2
179	B1	8	0	4,9	0	1	7	2
180	B1	8	1	4	0	2	7	2
181	B1	4	0	4,9	0	1	7	2
182	B1	4	1	4,9	0	1	7	2
183	B1	4	0	4	0	2	7	2
184	B1	2	0	4,9	0	1	7	2
185	B1	2	0	1	0	2	7	2
186	B1	2	0	4	0	2	7	2
187	B1	2	0	7	0	2	7	2
188	B1	1	0	4	0	1	7	2
189	B1	1	0	1,6	0	1	7	2
190	B1	1	0	4,9	0	1	7	2

191	B1	1	0	1	0	2	7	2
192	B1	1	0	7	0	2	7	2
193	B1	1	0	2,7	0	2	7	2
194	B1	1	0	1,4,7	0	2	7	2
195	B1	1	0	0,2,4,6,8	0	2	7	2
196	B1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	7	2
197	B1	1	0	1,3,5,7,9	0	2	7	2
198	B4	16	0	4,9	0	2	1	12
199	B4	16	1	4	0	2	1	12
200	B4	8	0	4,9	0	2	1	12
201	B4	8	1	4	0	2	1	12
202	B4	4	0	4,9	0	2	1	12
203	B4	4	0	4	0	2	1	12
204	B4	4	1	4,9	0	2	1	12
205	B4	2	0	4,9	0	2	1	12
206	B4	2	0	1	0	2	1	12
207	B4	2	0	4	0	2	1	12
208	B4	2	0	7	0	2	1	12
209	B4	1	0	1	0	2	1	12
210	B4	1	0	4	0	2	1	12
211	B4	1	0	7	0	2	1	12
212	B4	1	0	1,6	0	2	1	12
213	B4	1	0	2,7	0	2	1	12
214	B4	1	0	4,9	0	2	1	12
215	B4	1	0	1,4,7	0	2	1	12
216	B4	1	0	0,2,4,6,8	0	2	1	12
217	B4	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	1	12
218	B4	1	0	1,3,5,7,9	0	2	1	12
219	C0	8	1	4	0	2	7	2
220	C0	4	1	4,9	0	1	7	2
221	C0	4	0	4	0	2	7	2
222	C0	2	0	4,9	0	1	7	2
223	C0	2	0	1	0	2	7	2
224	C0	2	0	4	0	2	7	2
225	C0	2	0	7	0	2	7	2
226	C0	1	0	4	0	1	7	2
227	C0	1	0	1,6	0	1	7	2
228	C0	1	0	4,9	0	1	7	2
229	C0	1	0	1	0	2	7	2
230	C0	1	0	7	0	2	7	2
231	C0	1	0	2,7	0	2	7	2

232	C0	1	0	1,4,7	0	2	7	2
233	C0	1	0	0,2,4,6,8	0	2	7	2
234	C0	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	7	2
235	C0	1	0	1,3,5,7,9	0	2	7	2
236	C2	16	1	4,9	0	1	2	6
237	C2	16	1	4	0	2	2	6
238	C2	8	1	4,9	0	1	2	6
239	C2	8	1	4	0	2	2	6
240	C2	4	0	4,9	0	1	2	6
241	C2	4	0	4	0	2	2	6
242	C2	2	1	2,6,9	0	2	2	6
243	C2	2	0	1	0	2	2	6
244	C2	2	0	4	0	2	2	6
245	C2	2	0	7	0	2	2	6
246	C2	1	0	4	0	1	2	6
247	C2	1	0	1,6	0	1	2	6
248	C2	1	0	4,9	0	1	2	6
249	C2	1	0	1	0	2	2	6
250	C2	1	0	7	0	2	2	6
251	C2	1	0	2,7	0	2	2	6
252	C2	1	0	1,4,7	0	2	2	6
253	C2	1	0	0,2,4,6,8	0	2	2	6
254	C2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	0	2	2	6
255	C2	1	0	1,3,5,7,9	0	2	2	6

为了清楚起见，让我举几个例子。

示例 1> PRACH Configuration Index = 0

在这种情况下， x 是 16 并且 $y = 1$ ，这意味着允许 UE 在奇数无线帧上发送 PRACH（即满足 $n_{\text{SFN}} \bmod 16 = 1$ 的无线帧）。允许 UE 在系统帧号 $\text{SFN} = 1, 17, 33, \dots$ 的无线帧上发送 PRACH。在这种情况下，子帧号被设置为 1，这意味着 UE 可以在如上确定的无线帧内的子帧 1 处发送 PRACH。

示例 2> PRACH Configuration Index = 27

在这种情况下， $x = 1$ 并且 $y = 0$ ，这意味着允许 UE 在所有的无线帧上发送 PRACH（即满足 $n_{\text{SFN}} \bmod 1 = 0$ 的无线帧）。在这种情况下，子帧号设置为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9，这意味着 UE 可以在如上确定的无线帧内的任何子帧上发送 PRACH。

<38.211 v15.1.0-Table 6.3.3.2-3: Random access configurations for FR1 and unpaired spectrum>

PRACH Configuration Index	Preamble Format	n_SFN mode x= y		Subframe number	Starting Symbol	Number of PRACH slots within a subframe	$N_t^{RA,slot}$ number of time - domain PRACH occasions within a RACH slots	N_{dur}^{RA} PRACH duration
		x	y					
0	0	16	1	9	0	-	-	0
1	0	8	1	9	0	-	-	0
2	0	4	1	9	0	-	-	0
3	0	2	0	9	0	-	-	0
4	0	2	1	9	0	-	-	0
5	0	2	0	4	0	-	-	0
6	0	2	1	4	0	-	-	0
7	0	1	0	9	0	-	-	0
8	0	1	0	8	0	-	-	0
9	0	1	0	7	0	-	-	0
10	0	1	0	6	0	-	-	0
11	0	1	0	5	0	-	-	0
12	0	1	0	4	0	-	-	0
13	0	1	0	3	0	-	-	0
14	0	1	0	2	0	-	-	0
15	0	1	0	1	0	-	-	0
16	0	1	0	4,9	0	-	-	0
17	0	1	0	3,8	0	-	-	0
18	0	1	0	2,7	0	-	-	0
19	0	1	0	8,9	0	-	-	0
20	0	1	0	4,8,9	0	-	-	0
21	0	1	0	3,4,9	0	-	-	0
22	0	1	0	3,4,8	0	-	-	0
23	0	1	0	7,8,9	0	-	-	0
24	0	1	0	3,4,8,9	0	-	-	0
25	0	1	0	6,7,8,9	0	-	-	0
26	0	1	0	1,4,6,9	0	-	-	0

27	0	1	0	1,6	0			0
28	0	1	0	1,6	7	-	-	0
29	0	1	0	1,3,5,7,9	0	-	-	0
30	1	16	1	7	0	-	-	0
31	1	8	1	7	0	-	-	0
32	1	4	1	7	0	-	-	0
33	1	2	0	7	0	-	-	0
34	1	2	1	7	0	-	-	0
35	1	1	0	7	0	-	-	0
36	2	16	1	6	0	-	-	0
37	2	8	1	6	0	-	-	0
38	2	4	1	6	0	-	-	0
39	2	2	0	6	7	-	-	0
40	2	2	1	6	7	-	-	0
41	2	1	0	6	7	-	-	0
42	3	16	1	9	0	-	-	0
43	3	8	1	9	0	-	-	0
44	3	4	1	9	0	-	-	0
45	3	2	0	9	0	-	-	0
46	3	2	1	9	0	-	-	0
47	3	2	0	4	0	-	-	0
48	3	2	1	4	0	-	-	0
49	3	1	0	9	0	-	-	0
50	3	1	0	8	0	-	-	0
51	3	1	0	7	0	-	-	0
52	3	1	0	6	0	-	-	0
53	3	1	0	5	0	-	-	0
54	3	1	0	4	0	-	-	0
55	3	1	0	3	0	-	-	0
56	3	1	0	2	0	-	-	0
57	3	1	0	1	0	-	-	0
58	3	1	0	1,6	0	-	-	0
59	3	1	0	1,6	7	-	-	0
60	3	1	0	4,9	0	-	-	0
61	3	1	0	3,8	0	-	-	0
62	3	1	0	2,7	0	-	-	0
63	3	1	0	8,9	0	-	-	0
64	3	1	0	4,8,9	0	-	-	0
65	3	1	0	3,4,9	0	-	-	0
66	3	1	0	7,8,9	0	-	-	0
67	3	1	0	3,4,8,9	0	-	-	0

68	3	1	0	6,7,8,9	0	-	-	0
69	3	1	0	1,4,6,9	0	-	-	0
70	3	1	0	1,3,5,7,9	0	-	-	0
71	A1	16	1	9	0	2	6	2
72	A1	8	1	9	0	2	6	2
73	A1	4	1	9	0	1	6	2
74	A1	2	1	2,3,4,7,8,9	0	1	6	2
75	A1	2	1	8,9	0	2	6	2
76	A1	2	1	7,9	0	1	6	2
77	A1	2	1	7,9	7	1	3	2
78	A1	2	1	4,9	7	1	3	2
79	A1	2	1	4,9	0	2	6	2
80	A1	2	1	9	0	1	6	2
81	A1	1	0	9	0	2	6	2
82	A1	1	0	9	7	1	3	2
83	A1	1	0	9	0	1	6	2
84	A1	1	0	8,9	0	2	6	2
85	A1	1	0	4,9	0	1	6	2
86	A1	1	0	7,9	7	1	3	2
87	A1	1	0	3,4,8,9	0	1	6	2
88	A1	1	0	3,4,8,9	0	2	6	2
89	A1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	7	1	3	2
90	A1	1	0	1,3,5,7,9	0	1	6	2
91	A2	16	1	9	0	2	3	4
92	A2	16	1	4,9	0	2	3	4
93	A2	8	1	9	0	2	3	4
94	A2	8	1	4,9	0	2	3	4
95	A2	4	1	9	0	1	3	4
96	A2	2	1	8,9	0	2	3	4
97	A2	2	1	7,9	9	1	1	4
98	A2	2	1	4,9	9	1	1	4
99	A2	2	1	4,9	0	2	3	4
100	A2	2	1	9	0	1	3	4
101	A2	1	0	9	0	2	3	4
102	A2	1	0	9	9	1	1	4
103	A2	1	0	9	0	1	3	4
104	A2	1	0	8,9	0	2	3	4
105	A2	1	0	4,9	0	1	3	4
106	A2	1	0	7,9	9	1	1	4
107	A2	1	0	3,4,8,9	0	1	3	4
108	A2	1	0	3,4,8,9	0	2	3	4

109	A2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	9	1	1	4
110	A2	1	0	1,3,5,7,9	0	1	3	4
111	A3	16	1	9	0	2	2	6
112	A3	8	1	9	0	2	2	6
113	A3	4	1	9	0	1	2	6
114	A3	2	1	2,3,4,7,8,9	0	1	2	6
115	A3	2	1	8,9	0	2	2	6
116	A3	2	1	7,9	0	1	2	6
117	A3	2	1	7,9	7	1	1	6
118	A3	2	1	4,9	7	1	1	6
119	A3	2	1	4,9	0	2	2	6
120	A3	2	1	9	0	1	2	6
121	A3	1	0	9	0	2	2	6
122	A3	1	0	9	7	1	1	6
123	A3	1	0	9	0	1	2	6
124	A3	1	0	8,9	0	2	2	6
125	A3	1	0	4,9	0	1	2	6
126	A3	1	0	7,9	7	1	1	6
127	A3	1	0	3,4,8,9	0	1	2	6
128	A3	1	0	3,4,8,9	0	2	2	6
129	A3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	7	1	1	6
130	A3	1	0	1,3,5,7,9	0	1	2	6
131	B1	16	1	9	2	2	6	2
132	B1	8	1	9	2	2	6	2
133	B1	4	1	9	2	1	6	2
134	B1	2	1	2,3,4,7,8,9	2	1	6	2
135	B1	2	1	8,9	2	2	6	2
136	B1	2	1	7,9	2	1	6	2
137	B1	2	1	7,9	8	1	3	2
138	B1	2	1	4,9	8	1	3	2
139	B1	2	1	4,9	2	2	6	2
140	B1	2	1	9	2	1	6	2
141	B1	1	0	9	2	2	6	2
142	B1	1	0	9	8	1	3	2
143	B1	1	0	9	2	1	6	2
144	B1	1	0	8,9	2	2	6	2
145	B1	1	0	4,9	2	1	6	2
146	B1	1	0	7,9	8	1	3	2
147	B1	1	0	3,4,8,9	2	1	6	2
148	B1	1	0	3,4,8,9	2	2	6	2
149	B1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	8	1	3	2

150	B1	1	0	1,3,5,7,9	2	1	6	2
151	B4	16	1	9	0	2	1	12
152	B4	8	1	9	0	2	1	12
153	B4	4	1	9	2	1	1	12
154	B4	2	1	2,3,4,7,8,9	0	1	1	12
155	B4	2	1	8,9	0	2	1	12
156	B4	2	1	7,9	2	1	1	12
157	B4	2	1	4,9	2	1	1	12
158	B4	2	1	4,9	0	2	1	12
159	B4	2	1	9	2	1	1	12
160	B4	1	0	9	0	2	1	12
161	B4	1	0	9	2	1	1	12
162	B4	1	0	8,9	0	2	1	12
163	B4	1	0	4,9	2	1	1	12
164	B4	1	0	7,9	2	1	1	12
165	B4	1	0	3,4,8,9	2	1	1	12
166	B4	1	0	3,4,8,9	0	2	1	12
167	B4	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	2	1	1	12
168	B4	1	0	1,3,5,7,9	2	1	1	12
169	A1/B1	2	1	8,9	2	2	6	2
170	A1/B1	2	1	7,9	2	1	6	2
171	A1/B1	2	1	7,9	8	1	3	2
172	A1/B1	2	1	4,9	8	1	3	2
173	A1/B1	2	1	4,9	2	2	6	2
174	A1/B1	2	1	9	2	1	6	2
175	A1/B1	1	0	9	2	2	6	2
176	A1/B1	1	0	9	8	1	3	2
177	A1/B1	1	0	9	2	1	6	2
178	A1/B1	1	0	8,9	2	2	6	2
179	A1/B1	1	0	4,9	2	1	6	2
180	A1/B1	1	0	7,9	8	1	3	2
181	A1/B1	1	0	3,4,8,9	2	2	6	2
182	A1/B1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	8	1	3	2
183	A1/B1	1	0	1,3,5,7,9	2	1	6	2
184	A2/B2	2	1	8,9	0	2	3	4
185	A2/B2	2	1	7,9	6	1	2	4
186	A2/B2	2	1	4,9	6	1	2	4
187	A2/B2	2	1	4,9	0	2	3	4
188	A2/B2	2	1	9	0	1	3	4
189	A2/B2	1	0	9	0	2	3	4
190	A2/B2	1	0	9	6	1	2	4

191	A2/B2	1	0	9	0	1	3	4
192	A2/B2	1	0	8,9	0	2	3	4
193	A2/B2	1	0	4,9	0	1	3	4
194	A2/B2	1	0	7,9	6	1	2	4
195	A2/B2	1	0	3,4,8,9	0	1	3	4
196	A2/B2	1	0	3,4,8,9	0	2	3	4
197	A2/B2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	6	1	2	4
198	A2/B2	1	0	1,3,5,7,9	0	1	3	4
199	A3/B3	2	1	8,9	0	2	2	6
200	A3/B3	2	1	7,9	0	1	2	6
201	A3/B3	2	1	7,9	2	1	2	6
202	A3/B3	2	1	4,9	2	1	2	6
203	A3/B3	2	1	4,9	0	2	2	6
204	A3/B3	2	1	9	0	1	2	6
205	A3/B3	1	0	9	0	2	2	6
206	A3/B3	1	0	9	2	1	2	6
207	A3/B3	1	0	9	0	1	2	6
208	A3/B3	1	0	8,9	0	2	2	6
209	A3/B3	1	0	4,9	0	1	2	6
210	A3/B3	1	0	7,9	2	1	2	6
211	A3/B3	1	0	3,4,8,9	0	2	2	6
212	A3/B3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	2	1	2	6
213	A3/B3	1	0	1,3,5,7,9	0	1	2	6
214	C0	16	1	9	2	2	6	2
215	C0	8	1	9	2	2	6	2
216	C0	4	1	9	2	1	6	2
217	C0	2	1	2,3,4,7,8,9	2	1	6	2
218	C0	2	1	8,9	2	2	6	2
219	C0	2	1	7,9	2	1	6	2
220	C0	2	1	7,9	8	1	3	2
221	C0	2	1	4,9	8	1	3	2
222	C0	2	1	4,9	2	2	6	2
223	C0	2	1	9	2	1	6	2
224	C0	1	0	9	2	2	6	2
225	C0	1	0	9	8	1	3	2
226	C0	1	0	9	2	1	6	2
227	C0	1	0	8,9	2	2	6	2
228	C0	1	0	4,9	2	1	6	2
229	C0	1	0	7,9	8	1	3	2
230	C0	1	0	3,4,8,9	2	1	6	2
231	C0	1	0	3,4,8,9	2	2	6	2

232	C0	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	8	1	3	2
233	C0	1	0	1,3,5,7,9	2	1	6	2
234	C2	16	1	9	2	2	2	6
235	C2	8	1	9	2	2	2	6
236	C2	4	1	9	2	1	2	6
237	C2	2	1	2,3,4,7,8,9	2	1	2	6
238	C2	2	1	8,9	2	2	2	6
239	C2	2	1	7,9	2	1	2	6
240	C2	2	1	7,9	8	1	1	6
241	C2	2	1	4,9	8	1	1	6
242	C2	2	1	4,9	2	2	2	6
243	C2	2	1	9	2	1	2	6
244	C2	1	0	9	2	2	2	6
245	C2	1	0	9	8	1	1	6
246	C2	1	0	9	2	1	2	6
247	C2	1	0	8,9	2	2	2	6
248	C2	1	0	4,9	2	1	2	6
249	C2	1	0	7,9	8	1	1	6
250	C2	1	0	3,4,8,9	2	1	2	6
251	C2	1	0	3,4,8,9	2	2	2	6
252	C2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	8	1	1	6
253	C2	1	0	1,3,5,7,9	2	1	2	6
254	C2	8	1	9	8	2	1	6
255	C2	4	1	9	8	1	1	6

<38.211 v15.1.0-Table 6.3.3.2-4: Random access configurations for FR2 and unpaired spectrum>

PRACH Configuration Index	Preamble Format	n_SFN mode x= y		Slot number	Starting Symbol	Number of PRACH slots within a subframe	$N_t^{RA,slot}$ number of time - domain PRACH occasions within a RACH slot	N_{dur}^{RA} PRACH duration
		x	y					
0	A1	1	0	4,9,14,19,24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2
1	A1	1	0	4,9,14,19,24,29,34,39	7	1	3	2
2	A1	1	0	24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2
3	A1	1	0	24,29,34,39	7	1	3	2
4	A1	1	0	18,19,38,39	0	[2 or 1]	6	2
5	A1	1	0	18,19,38,39	7	1	3	2
6	A1	1	0	0,1,2,◆,39	0	[2 or 1]	6	2
7	A1	1	0	0,1,2,◆,39	7	1	3	2
8	A1	1	0	23,27,31,35,39	0	[2 or 1]	6	2
9	A1	1	0	23,27,31,35,39	7	1	3	2
10	A1	1	0	3,7,11,15,19,23,27,31,35,39	0	[2 or 1]	6	2
11	A1	1	0	3,7,11,15,19,23,27,31,35,39	7	1	3	2
12	A1	1	0	1,3,5,7,◆,37,39	0	[2 or 1]	6	2
13	A1	1	0	7,15,23,31,39	0	[2 or 1]	6	2
14	A1	1	0	7,15,23,31,39	7	1	3	2
15	A1	16	[0]	4,9,14,19,24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2
16	A1	16	[1]	[3],7,[11],15,[19],23,[27],31,[35],39	[0 or 7]	1	[6 or 3]	2
17	A1	8	[1]	4,9,14,19,24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2
18	A1	8	[1]	[3],7,[11],15,[19],23,[27],31,[35],39	[0 or 7]	1	[6 or 3]	2
19	A1	4	[1]	4,9,14,19,24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2

20	A1	4	[1]	[3],7,[11],15,[19],23,[27],31,[35],39	[0 or 7]	1	[6 or 3]	2
21	A1	2	[1]	4,9,14,19,24,29,34,39	0	[2 or 1]	6	2
22	A1	2	[1]	[3],7,[11],15,[19],23,[27],31,[35],39	[0 or 7]	1	[6 or 3]	2
23	A1	[1]	[0]	23,31,39	0	1	6	2
24	A1	[1]	[0]	1,3,5,7,◆,37,39	7	1	3	2

九、随机接入过程的 RRC 参数

Parameter (IE)	Description	Reference
prach-ConfigurationIndex		38.321-5.1
prach-RootSequenceIndex		38.211-6.3.3
zeroCorrelationZoneConfig		38.211-6.3.3
restrictedSetConfig		38.211-6.3.3
PreambleInitialReceivedTargetPower	initial preamble power	38.321-5.1.3
rsrp-ThresholdSSB		
csirs-dedicatedRACH-Threshold		
sul-RSRP-Threshold		
ssb-Threshold		
powerRampingStep		38.321-5.1
ra-PreambleIndex		
PreambleTransMax		38.321-5.1
ra-Msg3SizeGroupA		38.321-5.1
messagePowerOffsetGroupB		
ra-ResponseWindowSize		38.321-5.1
ra-ContentionResolutionTimer		38.321-5.1
PreambleStartIndex		38.321-5.1
NumberOfRA-Preambles		
zeroCorrelationZoneConfig		38.211-6.3.3
ra-ResponseWindow		
rach-ControlResourceSet		
msg3-transformPrecoding	Msg3 Transform Precoding	38.213-8.3
msg3-SubcarrierSpacing	Msg3 Subcarrier Spacing	38.213-8.3

Followings are based on 38.331 v15.1.0

```

RACH-ConfigCommon ::= SEQUENCE {
    rach-ConfigGeneric          RACH-ConfigGeneric,
    totalNumberOfRA-Preambles  INTEGER (1..63) OPTIONAL, -- Need S
    ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB CHOICE {

```



```

        oneEighth      ENUMERATED
{n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
        oneFourth      ENUMERATED
{n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
        oneHalf        ENUMERATED
{n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
        one            ENUMERATED
{n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
        two            ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32},
        four           INTEGER (1..16),
        eight          INTEGER (1..8),
        sixteen         INTEGER (1..4)
    }
    OPTIONAL, -- Need M
groupBconfigured
ra-Msg3SizeGroupA
b282, b480,
spare7, spare6, spare5,
spare2, spare1},
messagePowerOffsetGroupB
dB5, dB8, dB10,
numberOfRA-PreamblesGroupA
}
ra-ContentionResolutionTimer
sf32, sf40, sf48,
rsrp-ThresholdSSB
Need R
rsrp-ThresholdSSB-SUL
Need R
prach-RootSequenceIndex
1839
1139
},
msg1-SubcarrierSpacing
msg3-transformPrecoding
{enabled} OPTIONAL, -- Need R
...
}

RACH-ConfigGeneric ::=
prach-ConfigurationIndex
msg1-FDM
msg1-FrequencyStart
(0..maxNrofPhysicalResourceBlocks-1),
zeroCorrelationZoneConfig
preambleReceivedTargetPower
preambleTransMax
{n3,n4,n5,n6,n7,n8,n10,n20,n50,n100,n200},
powerRampingStep
ra-ResponseWindow
s120, s140, s180}
}

RACH-ConfigDedicated ::=
cfra-Resources
...
}

CFRA-Resources ::= CHOICE {

```

```

        ssb                SEQUENCE {
        ssb-ResourceList    SEQUENCE (SIZE(1..maxRA-SSB-Resources)) OF
CFRA-SSB-Resource,
        ra-ssb-OccasionMaskIndex    INTEGER (0..15)
    },
    csirs                SEQUENCE {
        csirs-ResourceList    SEQUENCE (SIZE(1..maxRA-CSIRS-Resources)) OF
CFRA-CSIRS-Resource,
        cfra-csirs-DedicatedRACH-Threshold    RSRP-Range
    }
}

CFRA-SSB-Resource ::=    SEQUENCE {
    ssb                SSB-Index,
    ra-PreambleIndex    INTEGER (0..63),
    ...
}

CFRA-CSIRS-Resource ::=    SEQUENCE {
    csi-RS                CSI-RS-Index,
    ra-OccasionList        SEQUENCE (SIZE(1..maxRA-OccasionsPerCSIRS))
                            OF INTEGER (0..maxRA-Occasions-1),
    ra-PreambleIndex        INTEGER (0..63),
    ...
}

```

cfra-Resources：用于非竞争随机接入给定的目标小区的资源

ra-ssb-OccasionMaskIndex：显式信号通知 RA 资源选择的 PRACH 掩码索引。掩码对 ssb-ResourceList 中发出信号的所有 SSB 资源有效

ssb：服务小区发送的 SSB ID

ra-PreambleIndex：UE 在选择由 SSB 标识的候选波束时，执行 CF-RA 将会使用的 preamble 索引。

csi-RS：在与服务小区相关联的测量对象中定义的 CSI-RS 资源 ID。

ra-OccasionList：UE 在选择由 CSI-RS 标识的候选波束时，执行 CF-RA 将会使用的 RA 场合。

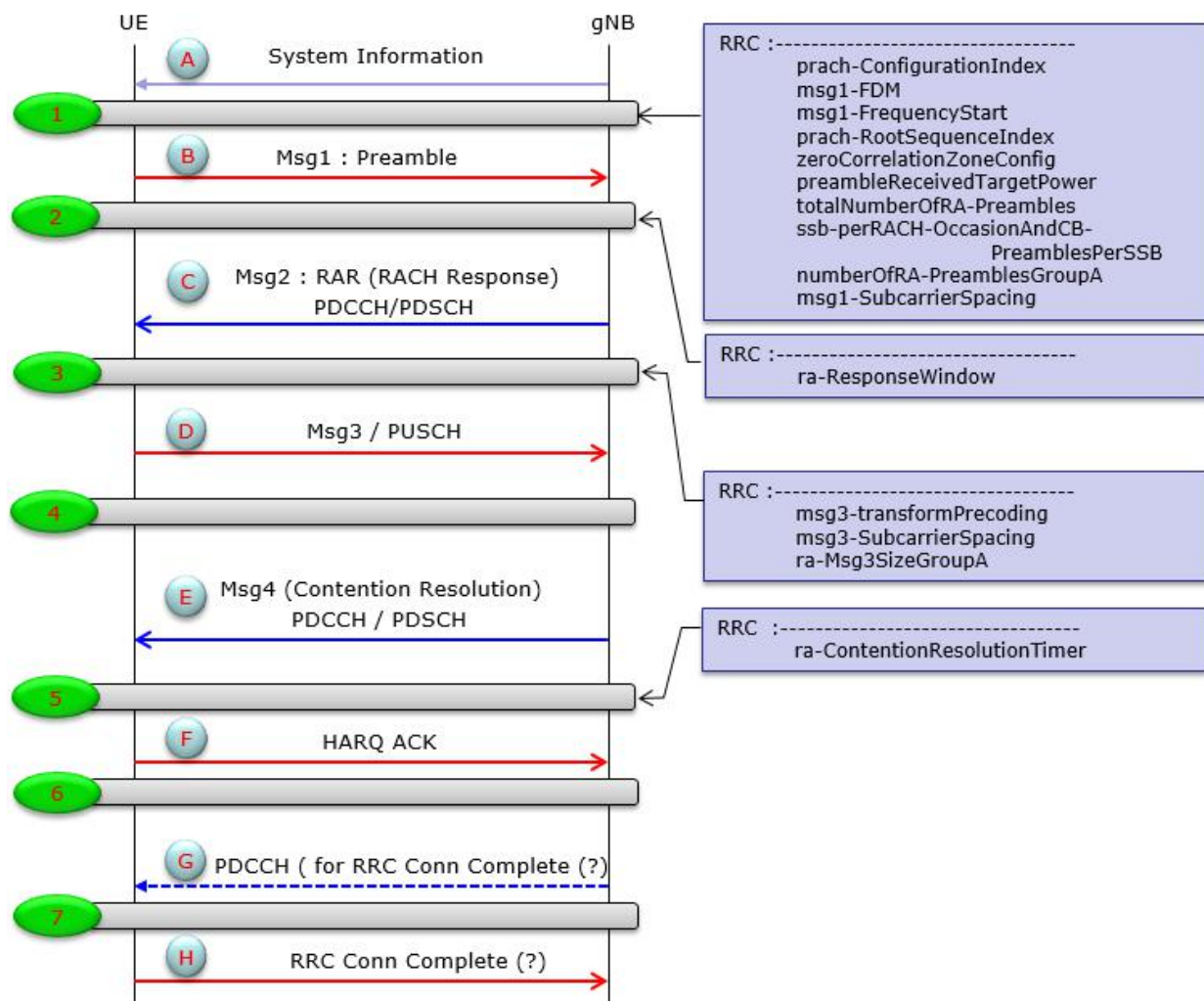
ra-PreambleIndex：RA preamble 索引，用于与 CSI-RS 相关联的 RA 场合。

十、 初始的随机接入过程

根据 38.321 协议，我注意到 NR RACH 过程与 LTE RACH 过程非常相似。当然在详细参数方面会有细微差别，但整体过程几乎相同。虽然它们的参数存在微小差异，但是 LTE RACH, LTE BL / CE (M1) RACH, LTE NB RACH 的整体过程和 NR RACH 也几

乎相同，我个人建议您阅读所有这些 RACH 页面。如果您阅读了 LTE，M1，M2 和 NR 的 RACH 页面，关于 RACH 过程，您将会得到你自己的直观理解（不要试图记住这些序列，只要有时间多读几遍，这些序列将自动印在你的大脑中）。

按照顺序，我将这些步骤标记为 (A) ~ (J) 和 (1) ~ (9)。步骤 (A) ~ (J) 是 gNB 和 UE 之间发送的特定消息。步骤 (1) ~ (9) 是 UE 和 gNB 中发送或接收消息所需的内部过程。一旦本部分的 RRC 规范完成后，我将完成详细描述。



Step (A) and (1): System Information (for initial attach) or RRC Connection Reconfiguration (for LTE Interplay)

完成这两个步骤后，UE 应该能够得到如下所有信息（基于 38.213-8 随机接入过程）

- PRACH 传输参数的配置
 - PRACH preamble 格式
 - 时域资源
 - 频域资源
- 用于确定 PRACH preamble 序列集的根序列及其循环移位的参数
 - 索引到逻辑根序列表
 - 循环移位 (N_{cs})
 - 设置类型（不受限制，受限制的集合 A 或受限制的集合 B）

Step (B): Msg1 - PRACH Preamble

在该步骤，如果满足 PRACH 传输的所有条件，则 UE 利用 RA-RNTI 加扰发送 PRACH preamble。根据 38.321-5.1.3 协议，通过以下等式计算 RA-RNTI (gNB 基于以下等式计算 RA-RNTI)：

- $RA-RNTI = 1 + s_id + 14 * t_id + 14 * 80 * f_id + 14 * 80 * 8 * ul_carrier_id$
 - , s_id : 指定 PRACH 的第一个 OFDM 符号的索引 ($0 \leq s_id < 14$)
 - , t_id : 系统帧中指定 PRACH 的第一个时隙符号的索引 ($0 \leq t_id < 80$)
 - , f_id : 频域中指定 PRACH 的索引 ($0 \leq f_id < 8$)
 - , $ul_carrier_id$: 用于 Msg1 传输的 UL 载波 (0 = 正常载波, 1 = SUL 载波)

• PRACH Preamble 的频域位置 (资源) 由 RRC 参数 msg1-FDM 和 msg1-FrequencyStart 确定

• PRACH Preamble 的时域位置 (资源) 由 RRC 参数 prach-ConfigurationIndex 确定 (有关 prach-Configuration 索引的详细信息，请参阅 RACH 配置部分)

Step (2) and (C): Msg 2 - RAR (PDCCH/PDSCH)

此步骤 (即在 PRACH 传输之后) 将发生以下过程 (基于 38.213-8.2 随机接入响应)：

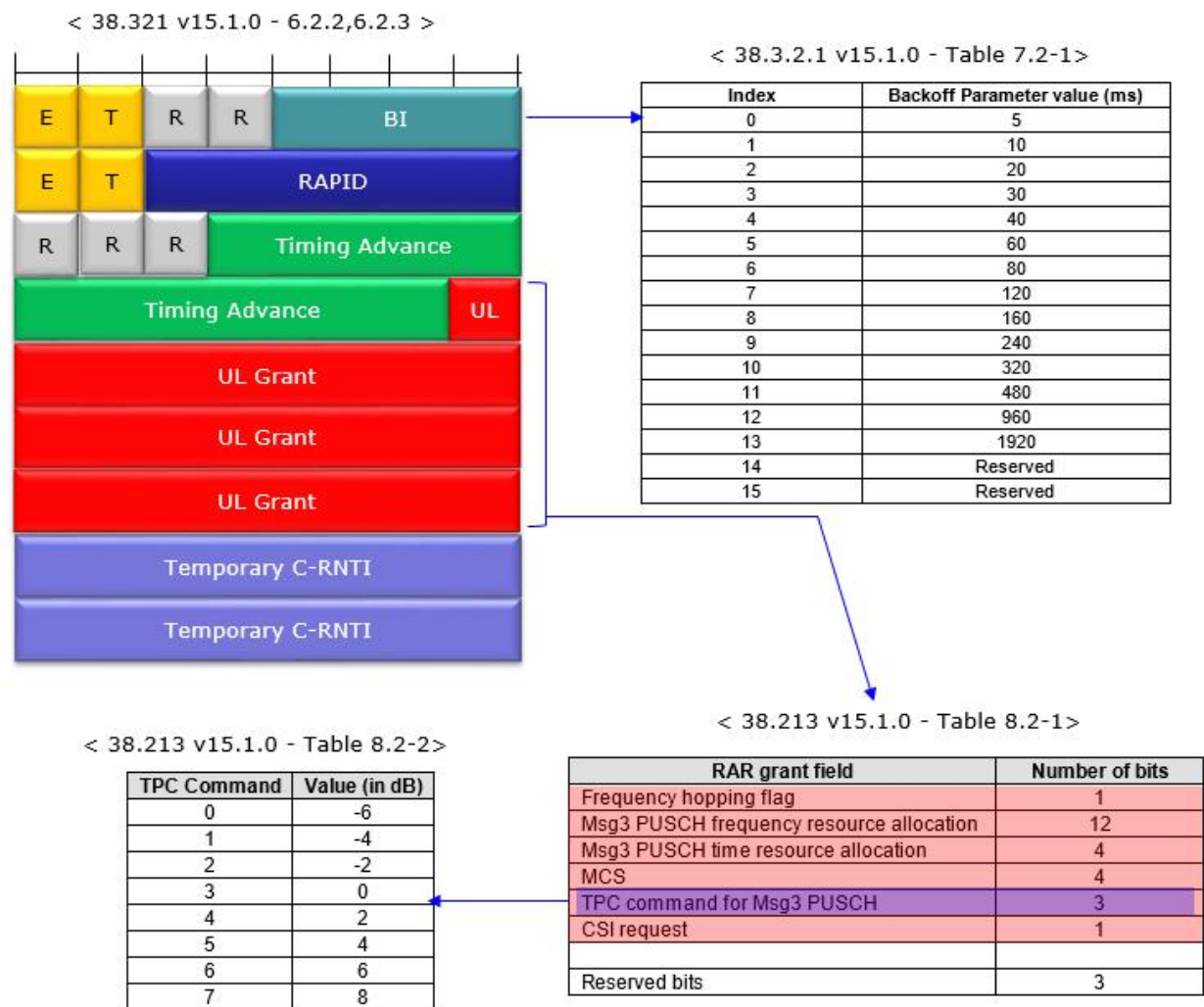
- gNB 发送了用如上计算的 RA-RNTI 加扰的 DCI

- UE 尝试在 RAR-Window 的时段内检测用相应 RA-RNTI 加扰的 PDCCH (DCI)
(在 ra-ResponseWindow 内, UE 在搜索空间中查找 DCI: 类型 1 PDCCH 公共搜索空间)

- 用于调度 RAR PDSCH 的 DCI 格式是 DCI format 1_0
- Msg2 PDSCH 的资源分配类型将是资源分配类型 1 (请参阅如何确定资源分配类型?)

- PDSCH 的频域资源分配由 DCI format 1_0 指定
- PDSCH 的时域资源分配由 DCI format 1_0 和 PDSCH-ConfigCommon 共同指定
- RAR-Window 由 SIB 消息中的 rar-WindowLength 来配置
- 如果 UE 成功解码 PDCCH, 则对携带 RAR 数据的 PDSCH 进行解码
- 在解码 RAR 后, UE 检查 RAR 中的 RAPID 是否与分配给 UE 的 RAPID 匹配
- PDCCH 和 PDSCH 应该承载在与 SIB1 相同的子载波间隔和循环前缀中

以下是携带 RAR（随机接入响应）的 MAC PDU 的数据结构：



注意：有关 Timing Advance 文件的详细信息，请参阅 Timing Advance Page。

Step (3) and (D): Msg3 (PUSCH)

此步骤（即在发送 Msg3 之前）将发生以下事情（基于 38.213-8.3 Msg3 PUSCH）：

- UE 将基于称为 msg3-tp（msg3-transformPrecoding）的 RRC 参数来确定是否对 Msg 3 PUSCH 进行变换预编码
- UE 将基于称为 msg3-scs（子载波间隔）的 RRC 参数来确定 Msg3 PUSCH 的子载波间隔
- UE 必须在其发送 PRACH 的同一服务小区上发送 Msg3 PUSCH

Step (4) and (E): Msg4 - Contention Resolution (PDCCH/PDSCH)

此步骤（即发送 Msg3 之后）将发生以下事情（基于 38.321 - 5.1.5 协议）。为简单起见，我仅在此处描述成功案例。

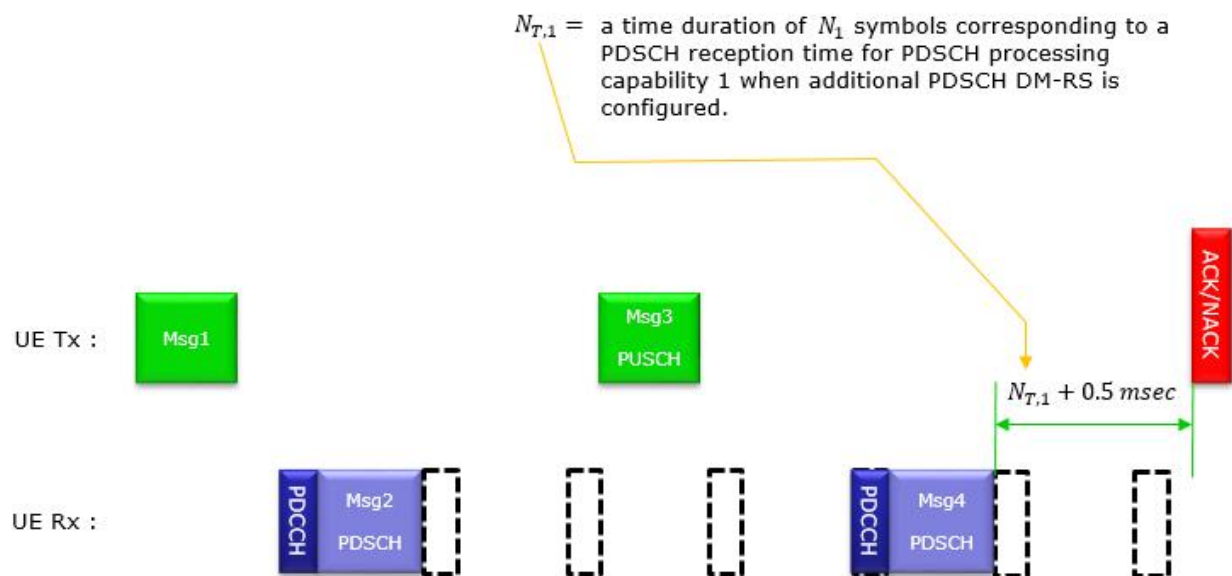
- 启动 ra-ContentionResolutionTimer
- 监控解码用 TC-RNTI 加扰的 PDCCH（当 ra-ContentionResolutionTimer 正在运行时，UE 在搜索空间中寻找 DCI: Type 1 PDCCH Common Search Space）
- 如果 PDCCH 已成功解码
 - 对携带 MAC CE 的 PDSCH 进行编码
 - 设置 C-RNTI = TC-RNTI
- 丢弃 ra-ContentionResolutionTimer
- 认为此次随机接入过程已成功完成

Step (5) and (F): HARQ ACK for Msg4

一旦 UE 成功解码 Msg4（冲突解决），UE 就会发送 HARQ ACK 给基站，针对 PDSCH carrying Msg4 数据的反馈。

38.213 - 8.4 介绍如下：

对带有 UE 冲突解决标识的 PDSCH 进行响应，UE 会在 PUCCH 上发送 HARQ-ACK 信息。PDSCH 接收的最后一个符号之间的最小时间，如下图所示：



十一、 双连接的随机接入过程

这是当 LTE 小区添加 NR 小区为双连接过程时所发生的随机接入过程。在您详细了解此过程之前，我建议您阅读 LTE-Interworking 页面并首先了解一些重要信息。对于 ENDC (EUTRA-NR Dual Connectivity) 的 RACH 过程也存在两种选项 (情况) - CBRA (基于竞争的 RACH) 和 CFRA (基于非竞争的 RACH)，如下所述。

< Case 1 > CBRA (Contention Based RACH)

这是 CBRA，基本序列与上一节的初始 RACH 过程非常相似，相比之下，还是有些细微差别，如下所示：

- UE 是从 LTE RRC 连接重配置而不是 NR 的 MIB / SIB 中接收关于同步和 RACH 配置的所有信息
- Msg4 不需要 PDSCH (携带冲突解决 MAC CE)。用于 PUSCH 的 UL Grant (DCI / PDCCH) 作为一种 CR (冲突解决)。起初我对这一步感到奇怪，并想知道这种修改在 3GPP 中的来源。经过一番调查后，我认为这个修改是基于以下陈述的：
 - 38.213-“8.4 携带 UE 冲突解决标识的 PDSCH”所述：当 UE 未被提供 C-RNTI 时，

对于 Msg3 PUSCH 传输的响应消息，UE 尝试用相应的 TC-RNTI 去检测 PDCCH，并且调度包含 UE 冲突解决标识的 PDSCH。它暗示了用于 ENDC 的 CBRA 不需要携带 CR MAC CE 的 PDSCH，因为已经通过 SpCellConfig.ReconfigurationWithSync 中的 newUE-Identity 向 UE 提供了 C-RNTI。

◦ 38.321–“5.1.5 冲突解决”所述：

冲突解决方案基于 SpCell PDCCH 上的 C-RNTI 或 DL-SCH 上的 UE 冲突解决标识。

发送 Msg3 后，MAC 实体应该：

...

1>如果从较低层接收到 PDCCH 传输的接收通知：

2>如果 C-RNTI MAC CE 包含在 Msg3 中：

3>如果随机接入过程是由 MAC 子层本身或 RRC 子层发起的，并且 PDCCH 传输被寻址到 C-RNTI 并且包含用于新传输的 UL grant；要么

...

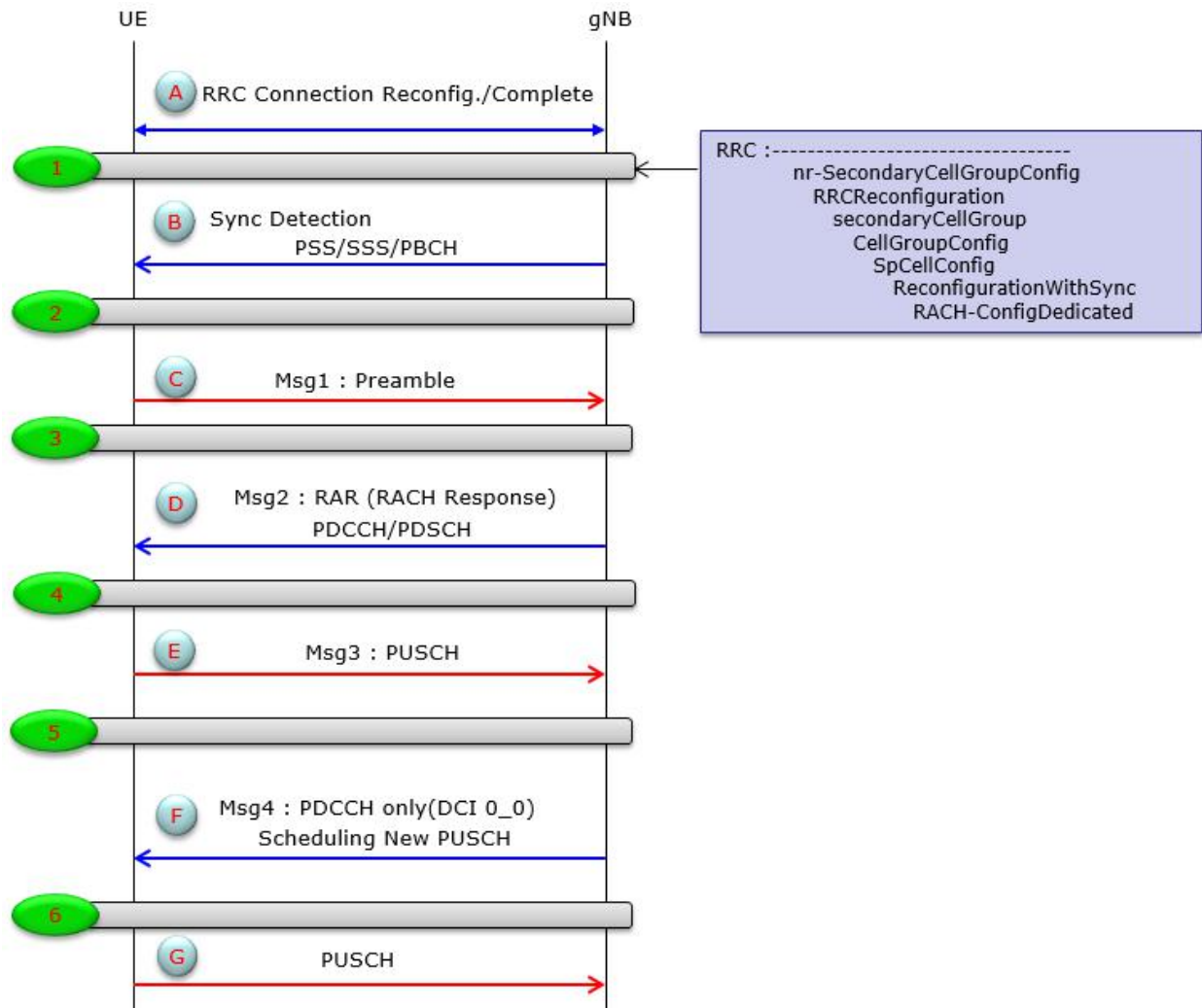
4>认为此冲突解决方案成功；

◦ 38.331–“5.3.5.5.2 同步重配置”所述：

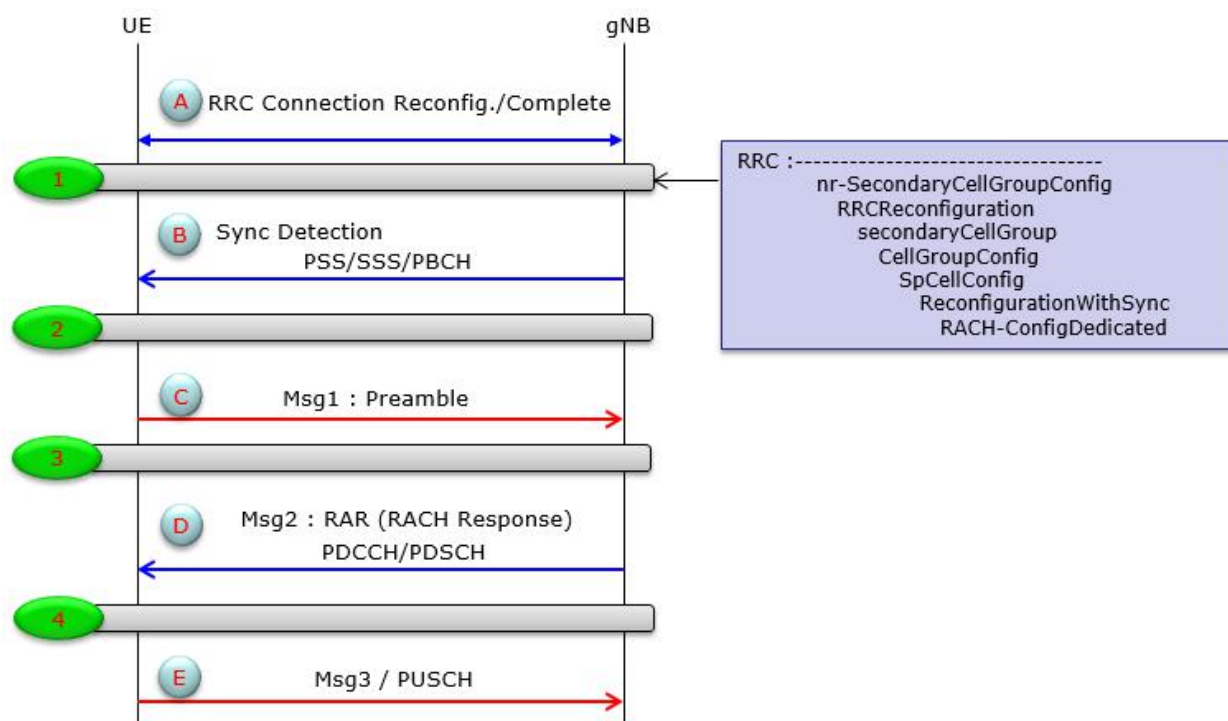
UE 应该做以下操作以执行同步重配置。

...

1>将 newUE-Identity 的值用作为该小区组的 C-RNTI；



< Case 2 > CFRA (Contention Free RACH)



本资料由 “5G通信” 提供分享
更多5G资料可扫描左侧二维码下载
上千份5G资料全部免费！