

通常，我们把物联网设备分为三类：

- ① 无需移动性，**大数据**量（上行），需较宽频段，比如城市监控摄像头。
- ② 移动性强，需执行频繁切换，小数据量，比如车队追踪管理。
- ③ 无需移动性，小数据量，对时延不敏感，比如**智能**抄表。

**NB-IoT** 正是为了应对第③种物联网设备而生。

NB-IoT 源起于现阶段物联网的以下几大需求：



覆盖增强（增强 20dB）

支持大规模连接，100K 终端/200KHz 小区

超低功耗，10 年电池寿命

超低成本

最小化信令开销，尤其是空口。

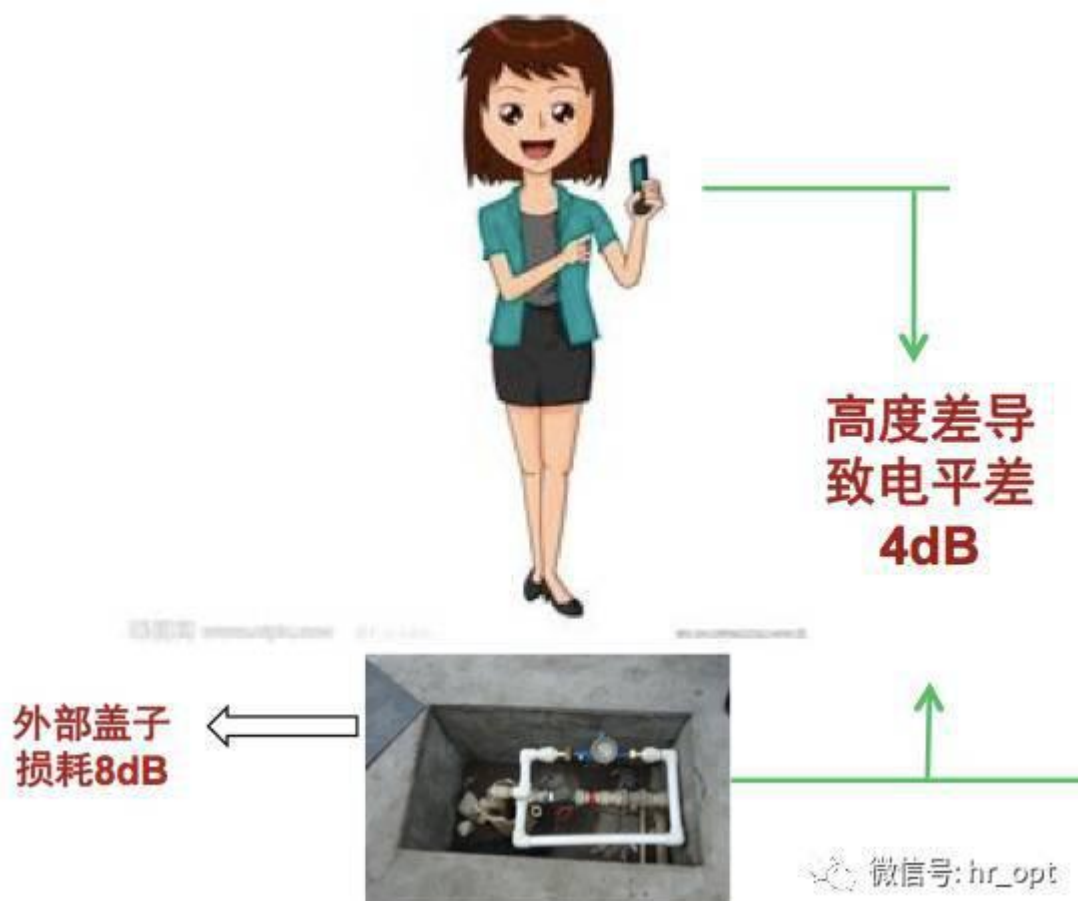
确保整个系统的安全性，包括核心网。

支持 IP 和非 IP 数据传送。

支持短信（可选部署）。

对于现有 LTE 网络，并不能完全满足以上需求。即使是 LTE-A，关注的主要是载波聚合、双连接和 D2D 等功能，并没有考虑物联网。

比如，在覆盖上，以水表为例，所处位置无线环境差，与智能手机相比，高度差导致信号差 4dB，同时再盖上盖子，额外增加约 10dB 左右损耗，所以需要增强 20dB。



在大规模连接上，物联网设备太多，如果用现有的 LTE 网络去连接这些海量设备，会导致网络过载，即使传送的数据量小，可信令流量也够得喝上几壶。

此外，NB-IoT 有自己的特点，比如不再有 QoS 的概念，因为现阶段的 NB-IoT 并不打算传送时延敏感的数据包，像实时 IMS 一类的设备，在 NB-IoT 网络里不会出现。

因此，3GPP 另辟蹊径，在 Release 13 制定了 NB-IoT 标准来应对现阶段的物联网需求，在终端支持上也多了一个与 NB-IoT 对应的终端等级——cat-NB1。

尽管 NB-IoT 和 LTE 紧密相关，且可集成于现有的 LTE 系统之上，很多地方是在 LTE 基础上专为物联网而优化设计，但从技术角度看，NB-IoT 却是独立的新空口技术。

今天，我们就来看看这一新空口技术到底有多新？

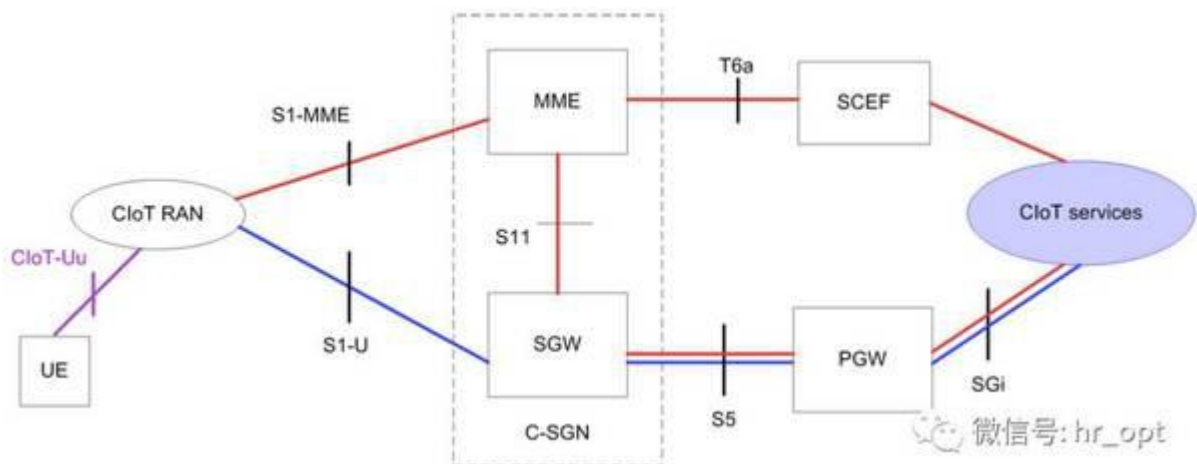
## 1 网络

### 1.1 核心网

为了将物联网数据发送给应用，蜂窝物联网（CIoT）在 EPS 定义了两种优化方案：

?CIoT EPS 用户面功能优化（User Plane CIoT EPS optimisation）

?CIoT EPS 控制面功能优化（Control Plane CIoT EPS optimisation）



如上图所示，红线表示 CIoT EPS 控制面功能优化方案，蓝线表示 CIoT EPS 用户面功能优化方案。

对于 CIoT EPS 控制面功能优化，上行数据从 eNB（CIoT RAN）传送至 MME，在这里传输路径分为两个分支：或者通过 SGW 传送到 PGW 再传送到应用服务器，或者通过 SCEF（Service Capability Exposure Function）连接到应用服务器（CIoT Services），后者仅支持非 IP 数据传送。下行数据传送路径一样，只是方向相反。

这一方案无需建立数据无线承载，数据包直接在信令无线承载上发送。因此，这一方案极适合非频发的小数据包传送。

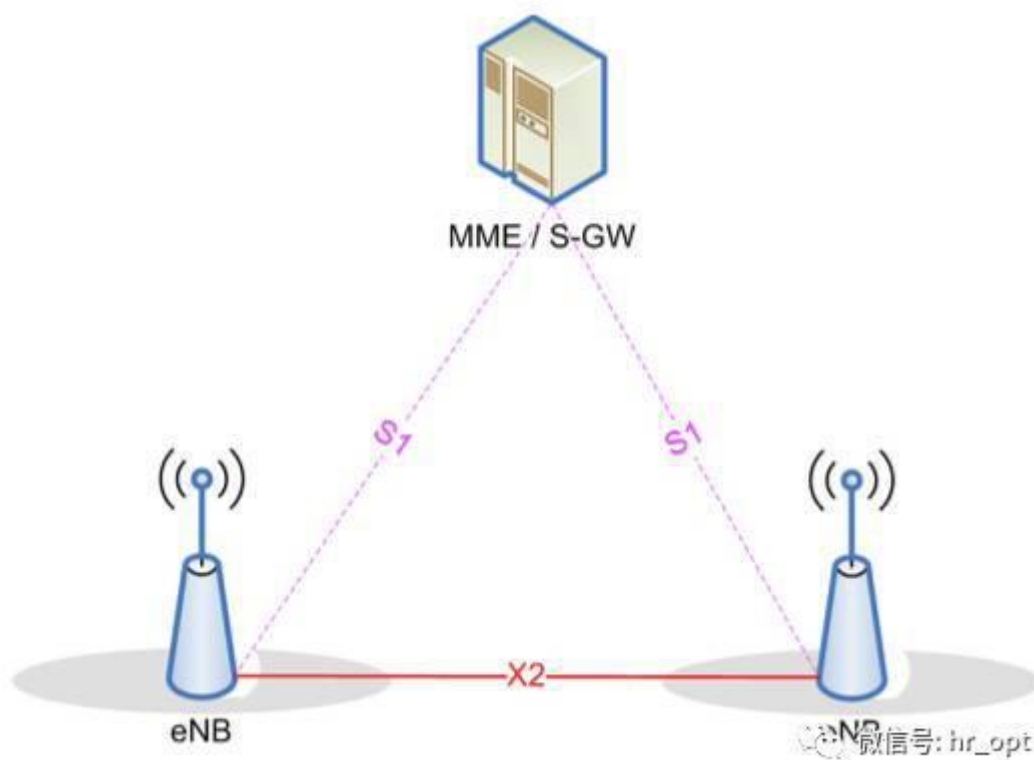
SCEF 是专门为 NB-IoT 设计而新引入的，它用于在控制面上传送非 IP 数据包，并为鉴权等网络服务提供了一个抽象的接口。

对于 CIoT EPS 用户面功能优化，物联网数据传送方式和传统数据流量一样，在无线承载上发送数据，由 SGW 传送到 PGW 再到应用服务器。因此，这种方案在建立连接时会产生额外开销，不过，它的优势是数据包序列传送更快。

这一方案支持 IP 数据和非 IP 数据传送。

## 1.2 接入网

NB-IoT 的接入网构架与 LTE 一样。



eNB 通过 S1 接口连接到 MME/S-GW，只是接口上传送的是 NB-IoT 消息和数据。尽管 NB-IoT 没有定义切换，但在两个 eNB 之间依然有 X2 接口，X2 接口使能 UE 在进入空闲状态后，快速启动 resume 流程，接入到其它 eNB（resume 流程将在本文后面详述）。

### 1.3 频段

NB-IoT 沿用 LTE 定义的频段号，Release 13 为 NB-IoT 指定了 14 个频段。

Band Number	Uplink frequency range / MHz	Downlink frequency range / MHz
1	1920 - 1980	2110 - 2170
2	1850 - 1910	1930 - 1990
3	1710 - 1785	1805 - 1880
5	824 - 849	869 - 894
8	880 - 915	925 - 960
12	699 - 716	729 - 746
13	777 - 787	746 - 756
17	704 - 716	734 - 746
18	815 - 830	860 - 875
19	830 - 845	875 - 890
20	832 - 862	791 - 821
26	814 - 849	859 - 894
28	703 - 748	758 - 803
66	1710 - 1780	2110 - 2170

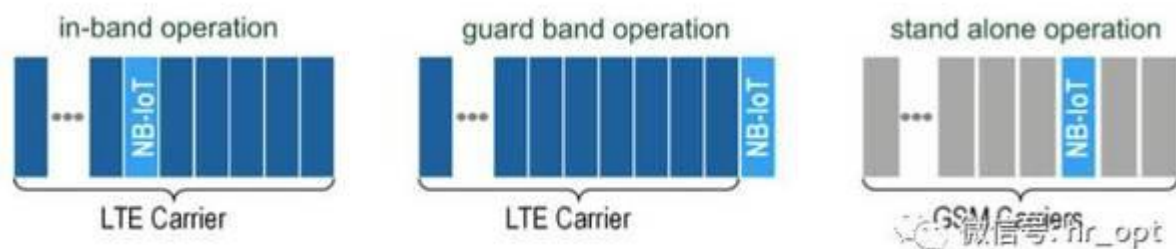
## 2 物理层

物理层设计	下行	上行
多址技术	OFDMA	SC-FDMA
子载波带宽	15KHz	3.75KHz/15KHz
发射功率	43dBm	23dBm
帧长度	1ms	1ms
TTI长度	1ms	1ms/8ms
SCH低阶调制	QPSK	BPSK
SCH高阶调制	QPSK	QPSK
符号重复最大次数	32	32

### 2.1 工作模式

#### 部署方式（Operation Modes）

NB-IoT 占用 180KHz 带宽，这与在 LTE 帧结构中一个资源块的带宽是一样的。所以，以下三种部署方式成为可能：



### 1) 独立部署 (Stand alone operation)

适合用于重耕 GSM 频段，GSM 的信道带宽为 200KHz，这刚好为 NB-IoT 180KHz 带宽留出空间，且两边还有 10KHz 的保护间隔。



### 2) 保护带部署 (Guard band operation)

利用 LTE 边缘保护频带中未使用的 180KHz 带宽的资源块。

### 3) 带内部署 (In-band operation)

利用 LTE 载波中间的任何资源块。

### CE Level

CE Level，即覆盖增强等级 (Coverage Enhancement Level)。从 0 到 2，CE Level 共三个等级，分别对应可对抗 144dB、154dB、164dB 的信号衰减。基站与 NB-IoT 终端之间会根据其所在的 CE Level 来选择相对应的信息重发次数。

### 双工模式

Release 13 NB-IoT 仅支持 FDD 半双工 type-B 模式。

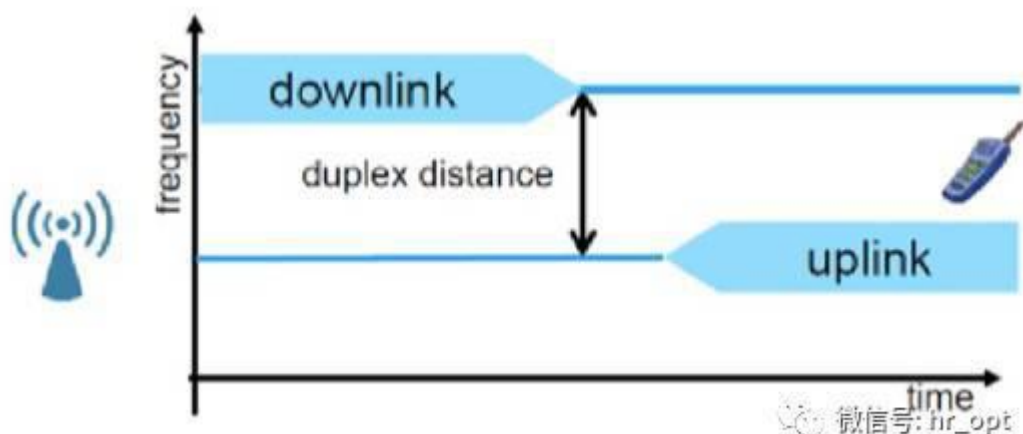
FDD 意味着上行和下行在频率上分开，UE 不会同时处理接收和发送。

半双工设计意味着只需多一个切换器去改变发送和接收模式，比起全双工所需的元件，成本更低廉，且可降低电池能耗。



在 Release 12 中，定义了半双工分为 type A 和 type B 两种类型，其中 type B 为 Cat.0 所用。在 type A 下，UE 在发送上行信号时，其前面一个子帧的下行信号中最后一个 Symbol 不接收，用来作为保护时隙 (Guard Period, GP)，而在 type B 下，UE 在发送上行信号时，其前面的子帧和后面的子帧都不接收下行信号，使得保护时隙加长，这对于设备的要求降低，且提高了信号的可靠性。





## 2.2 下行链路

对于下行链路，NB-IoT 定义了三种物理信道：

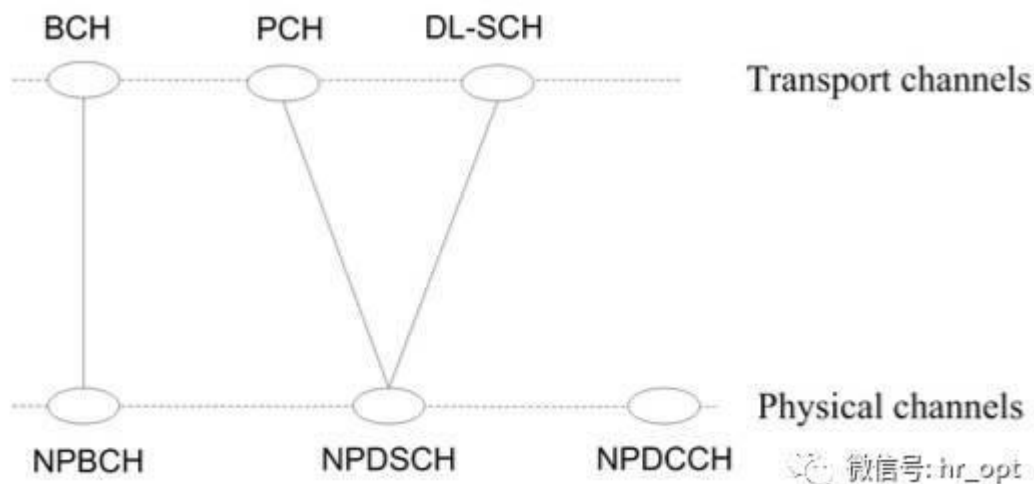
- 1) NPBCH，窄带物理广播信道。
- 2) NPDCCH，窄带物理下行控制信道。
- 3) NPDSCH，窄带物理下行共享信道。

还定义了两种物理信号：

- 1) NRS，窄带参考信号。
- 2) NPSS 和 NSSS，主同步信号和辅同步信号。

相比 LTE，NB-IoT 的下行物理信道较少，且去掉了 PMCH（Physical Multicast channel，物理多播信道），原因是 NB-IoT 不提供多媒体广播/组播服务。

下图是 NB-IoT 传输信道和物理信道之间的映射关系。



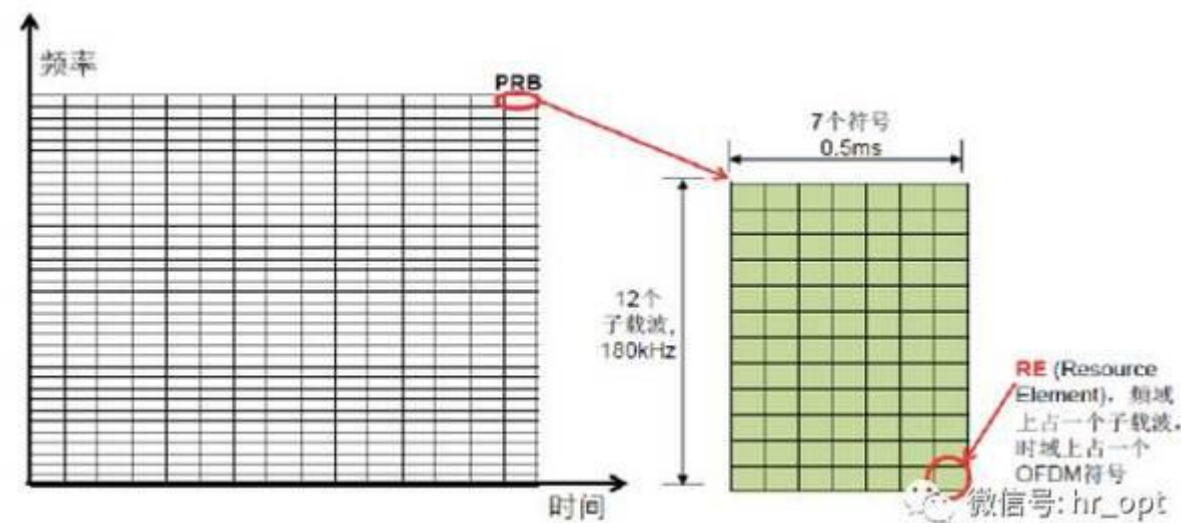
MIB 消息在 NPBCH 中传输，其余信令消息和数据在 NPDSCH 上传输，NPDCCH 负责控制 UE 和 eNB 间的数据传输。

NB-IoT 下行调制方式为 QPSK。NB-IoT 下行最多支持两个天线端口（Antenna Port），AP0 和 AP1。

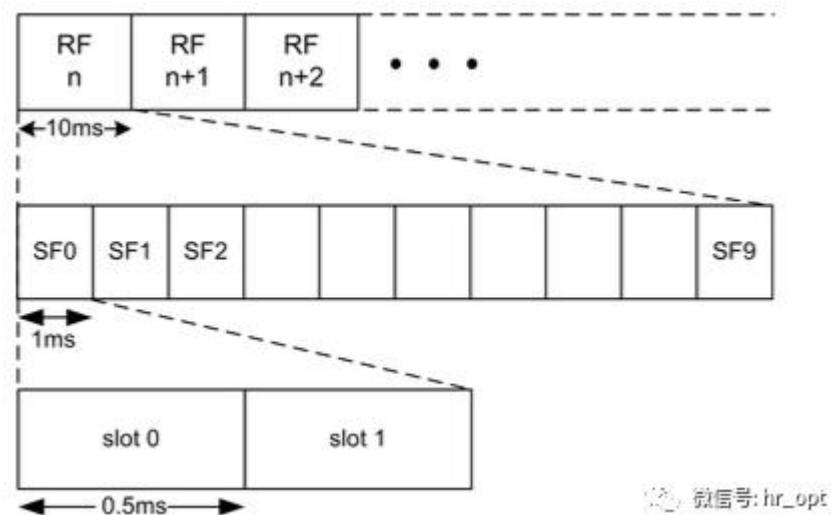
和 LTE 一样，NB-IoT 也有 PCI（Physical Cell ID，物理小区标识），称为 NCellID（Narrowband physical cell ID），一共定义了 504 个 NCellID。

**帧和时隙结构**

和 LTE 循环前缀（Normal CP）物理资源块一样，在频域上由 12 个子载波（每个子载波宽度为 15KHz）组成，在时域上由 7 个 OFDM 符号组成 0.5ms 的时隙，这样保证了和 LTE 的相容性，对于带内部署方式至关重要。



每个时隙 0.5ms，2 个时隙就组成了一个子帧（SF），10 个子帧组成一个无线帧（RF）。



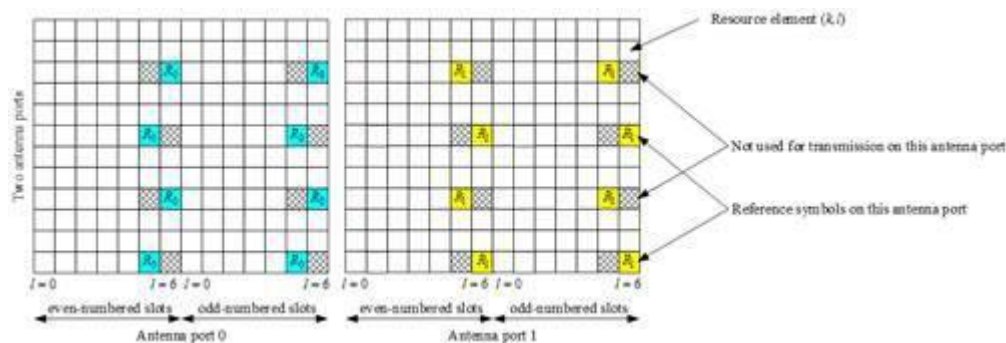
这就是 NB-IoT 的帧结构，依然和 LTE 一样。

**NRS（窄带参考信号）**

NRS（窄带参考信号），也称为导频信号，主要作用是下行信道质量测量估计，用于 UE 端的相干检测和解调。在用于广播和下行专用信道时，所有下行子帧都要传输 NRS，无论有无数据传送。

NB-IoT 下行最多支持两个天线端口，NRS 只能在一个天线端口或两个天线端口上传输，资源的位置在时间上与 LTE 的 CRS（Cell-Specific Reference Signal，小区特定参考信号）错开，在频率上则与之相同，这样在带内部署（In-Band Operation）时，若检测到 CRS，可与 NRS 共同使用来做信道估测。

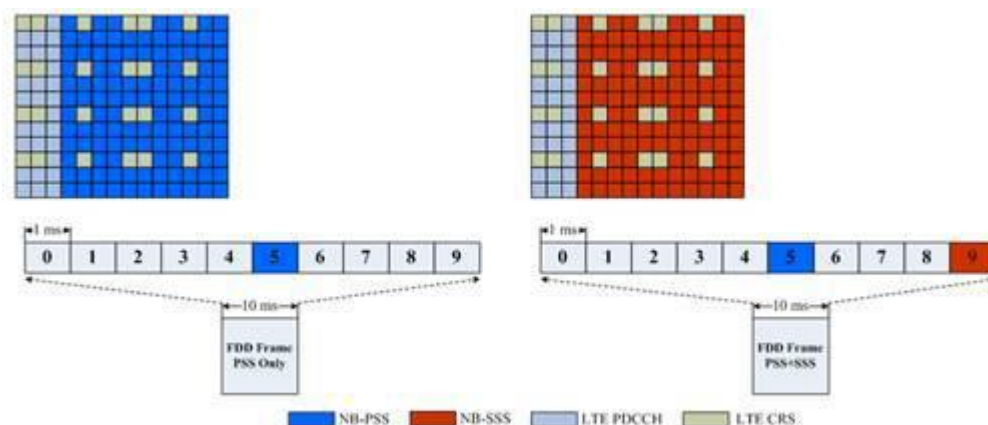




### ▲NRS 资源位置

#### 同步信号

NPSS 为 NB-IoT UE 时间和频率同步提供参考信号，与 LTE 不同的是，NPSS 中不携带任何小区信息，NSSS 带有 PCI。NPSS 与 NSSS 在资源位置上避开了 LTE 的控制区域，其位置图如下：



### ▲NPSS 和 NSSS 资源位置

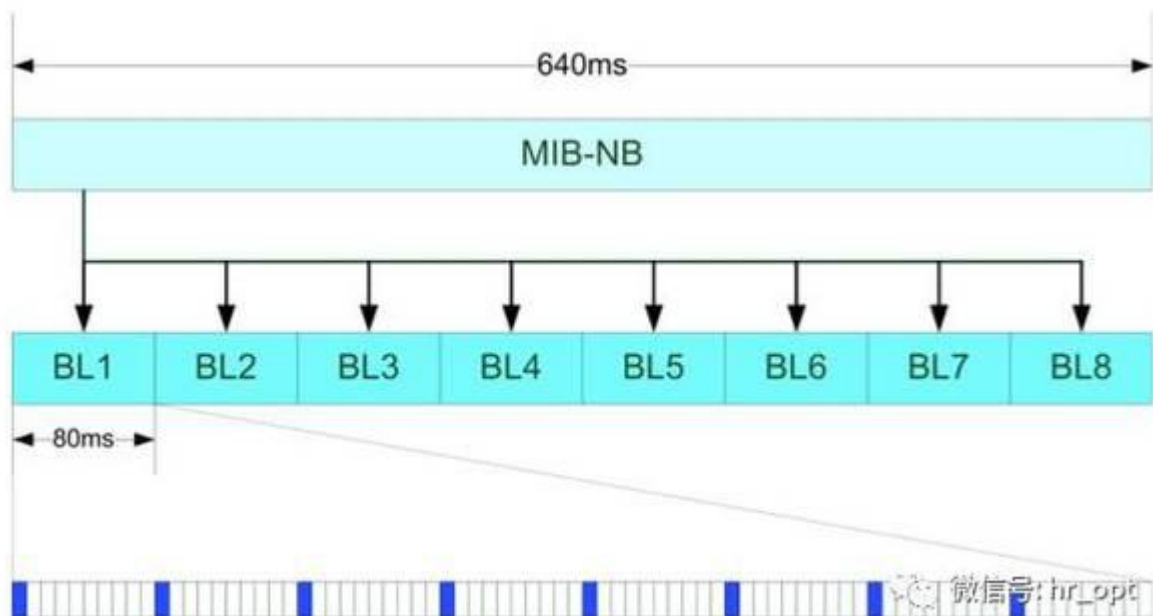
NPSS 的周期是 10ms，NSSS 的周期是 20ms。NB-IoT UE 在小区搜索时，会先检测 NPSS，因此 NPSS 的设计为短的 ZC(Zadoff-Chu)序列，这降低了初步信号检测和同步的复杂性。

#### NBPBCH

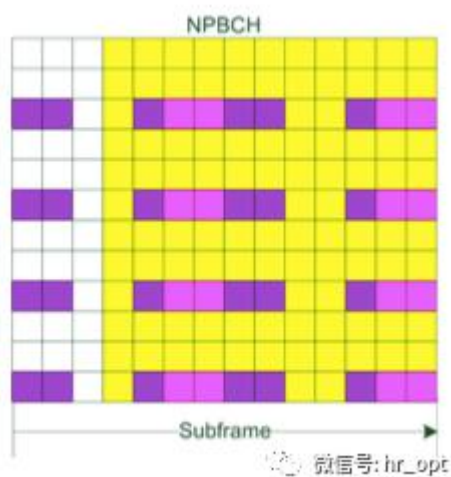
NBPBCH 的 TTI 为 640ms，承载 MIB-NB (Narrowband Master Information Block)，其余系统信息如 SIB1-NB 等承载于 NPDSCH 中。SIB1-NB 为周期性出现，其余系统信息则由 SIB1-NB 中所带的排程信息做排程。

和 LTE 一样，NB-PBCH 端口数通过 CRC mask 识别，区别是 NB-IOT 最多只支持 2 端口。NB-IOT 在解调 MIB 信息过程中确定小区天线端口数。

在三种 operation mode 下，NB-PBCH 均不使用前 3 个 OFDM 符号。In-band 模式下 NBPBCH 假定存在 4 个 LTE CRS 端口，2 个 NRS 端口进行速率匹配。



▲NPBCH 映射到子帧

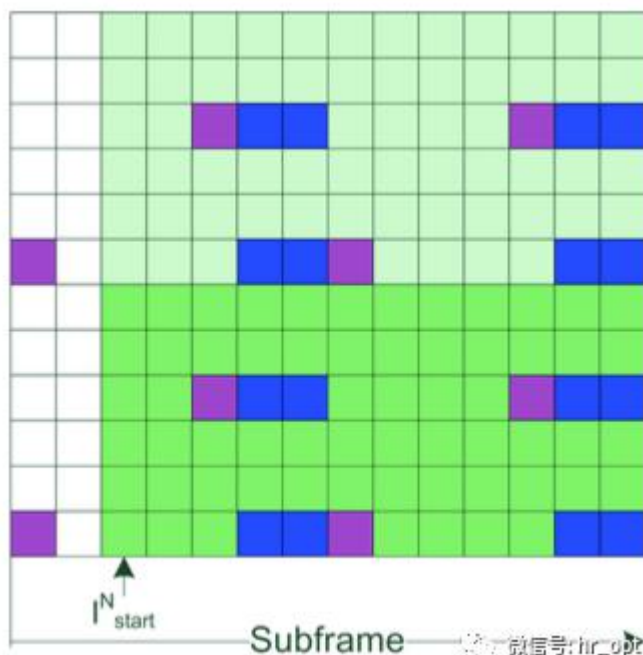


▲黄色小格表明 NPBCH 资源占用位置，洋红色表示 NRS，紫色代表 CRS

#### NPDCCH

NPDCCH 中承载的是 DCI (Downlink Control Information)，包含一个或多个 UE 上的资源分配和其他的控制信息。UE 需要首先解调 NPDCCH 中的 DCI，然后才能够在相应的资源位置上解调属于 UE 自己的 NPDSCH(包括广播消息, 寻呼, UE 的数据等)。NPDCCH 包含了 UL grant, 以指示 UE 上行数据传输时所使用的资源。

NPDCCH 子帧设计如下图所示：



▲浅绿色和深绿色代表 NPDCCH 使用的 RE，紫色代表 LTE CRS，蓝色代表 NRS。上图表示在 LTE 单天线端口和 NB-IoT2 天线端口下 in-band 模式的映射

NPDCCH 的符号起始位置：对于 in-band，如果是 SIB 子帧，起始位置为 3，非 SIB 子帧，起始位置包含在 SIB2-NB 中；对于 stand-alone 和 Guard band，起始位置统一为 0。

NPDCCH 有别于 LTE 系统中的 PDCCH 的是，并非每个 Subframe 都有 NPDCCH，而是周期性出现。NPDCCH 有三种搜索空间(Search Space)，分别用于排程一般数据传输、Random Access 相关信息传输，以及寻呼(Paging)信息传输。

各个 Search Space 有无线资源控制(RRC)配置相对应的最大重复次数 Rmax，其 Search Space 的出现周期大小即为相应的 Rmax 与 RRC 层配置的一参数的乘积。

RRC 层也可配置一偏移(Offset)以调整 Search Space 的开始时间。在大部分的搜索空间配置中，所占用的资源大小为一 PRB，仅有少数配置为占用 6 个 Subcarrier。

一个 DCI 中会带有该 DCI 的重传次数，以及 DCI 传送结束后至其所排程的 NPDSCH 或 NPUSCH 所需的延迟时间，NB-IoT UE 即可使用此 DCI 所在的 Search Space 的开始时间，来推算 DCI 的结束时间以及排程的数据的开始时间，以进行数据的传送或接收。

### NPDSCH

NPDSCH 的子帧结构和 NPDCCH 一样。

NPDSCH 是用来传送下行数据以及系统信息，NPDSCH 所占用的带宽是一整个 PRB 大小。一个传输块 (Transport Block, TB) 依据所使用的调制与编码策略(MCS)，可能需要使用多于一个子帧来传输，因此在 NPDCCH 中接收到的 Downlink Assignment 中会包含一个 TB 对应的子帧数目以及重传次数指示。

### 2.3 上行链路

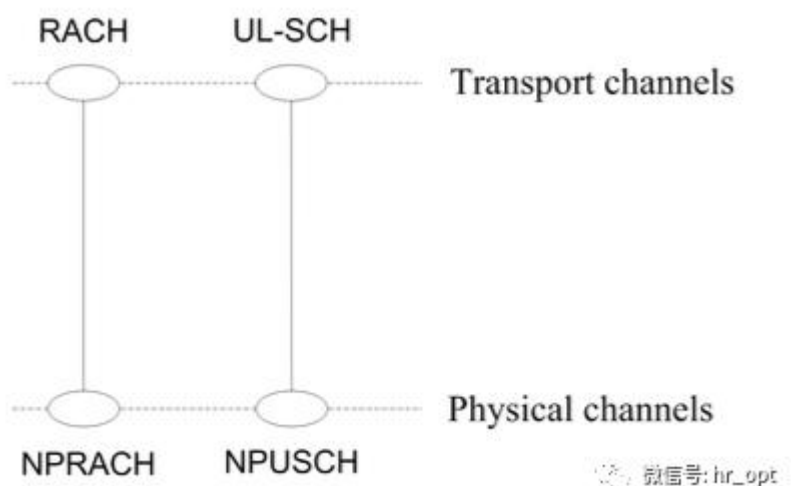
对于上行链路，NB-IoT 定义了两种物理信道：

- 1) NPUSCH，窄带物理上行共享信道。
- 2) NPRACH，窄带物理随机接入信道。

还有：

- 1) DMRS，上行解调参考信号。

NB-IoT 上行传输信道和物理信道之间的映射关系如下图：

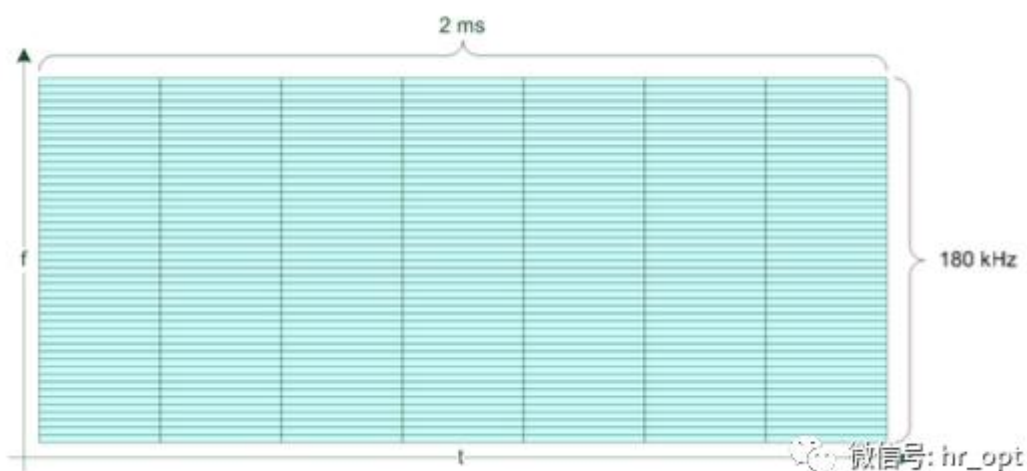


除了 NPRACH，所有数据都通过 NPUSCH 传输。

### 时隙结构

NB-IoT 上行使用 SC-FDMA，考虑到 NB-IoT 终端的低成本需求，在上行要支持单频(Single Tone)传输，子载波间隔除了原有的 15KHz，还新制订了 3.75KHz 的子载波间隔，共 48 个子载波。

当采用 15KHz 子载波间隔时，资源分配和 LTE 一样。当采用 3.75KHz 的子载波间隔时，如下图所示：

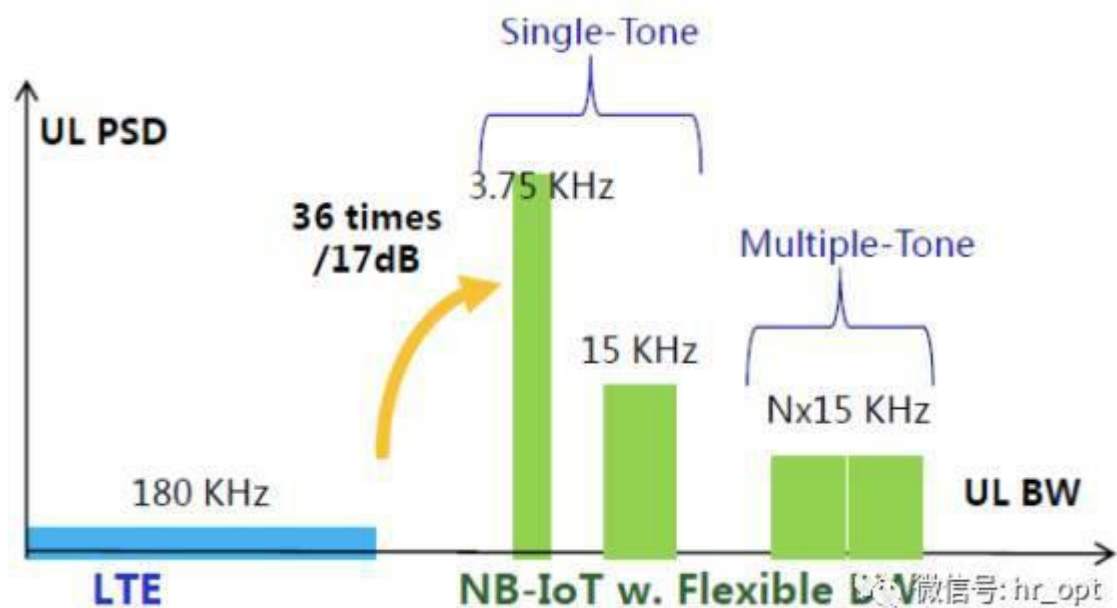


15KHz 为 3.75KHz 的整数倍，所以对 LTE 系统干扰较小。由于下行的帧结构与 LTE 相同，为了使上行与下行相容，子载波空间为 3.75KHz 的帧结构中，一个时隙同样包含 7 个 Symbol，共 2ms 长，刚好是 LTE 时隙长度的 4 倍。

此外，NB-IoT 系统中的采样频率(Sampling Rate)为 1.92MHz，子载波间隔为 3.75KHz 的帧结构中，一个 Symbol 的时间长度为 512Ts(Sampling Duration)，加上循环前缀(Cyclic Prefix, CP)长 16Ts，共 528Ts。因此，一个时隙包含 7 个 Symbol 再加上保护区间(Guard Period)共 3840Ts，即 2ms 长。

### NPUSCH

NPUSCH 用来传送上行数据以及上行控制信息。NPUSCH 传输可使用单频或多频传输。



### ▲单频与多频传输

在 NPUSCH 上，定义了两种格式：format 1 和 format 2。NPUSCH format 1 为 UL-SCH 上的上行信道数据而设计，其资源块不大于 1000 bits；NPUSCH format 2 传送上行控制信息（UCI）。

映射到传输快的最小单元叫资源单元（RU，resource unit），它由 NPUSCH 格式和子载波空间决定。

有别于 LTE 系统中的资源分配的基本单位为子帧，NB-IoT 根据子载波和时隙数目来作为资源分配的基本单位，如下表所示：

NPUSCH format	$\Delta f$	$N_{sc}^{RU}$	$N_{slots}^{UL}$	$N_{symbol}^{UL}$
1	3.75 kHz	1	16	7
		1	16	
		3	8	
		6	4	
		12	2	
2	3.75 kHz	1	4	7
	15 kHz	1	4	

对于 NPUSCH format 1，

当子载波空间为 3.75 kHz 时，只支持单频传输，一个 RU 在频域上包含 1 个子载波，在时域上包含 16 个时隙，所以，一个 RU 的长度为 32ms。

当子载波空间为 15kHz 时，支持单频传输和多频传输，一个 RU 包含 1 个子载波和 16 个时隙，长度为 8ms；当一个 RU 包含 12 个子载波时，则有 2 个时隙的时间长度，即 1ms，此资源单位刚好是 LTE 系统中的一个子帧。资源单位的时间长度设计为 2 的幂次方，是为了更有效的运用资源，避免产生资源空隙而造成资源浪费。

对于 NPUSCH format 2，

RU 总是由 1 个子载波和 4 个时隙组成，所以，当子载波空间为 3.75 kHz 时，一个 RU 时长为 8ms；当子载波空间为 15kHz 时，一个 RU 时长为 2ms。

对于 NPUSCH format 2，调制方式为 BPSK。

对于 NPUSCH format 1，调制方式分为以下两种情况：

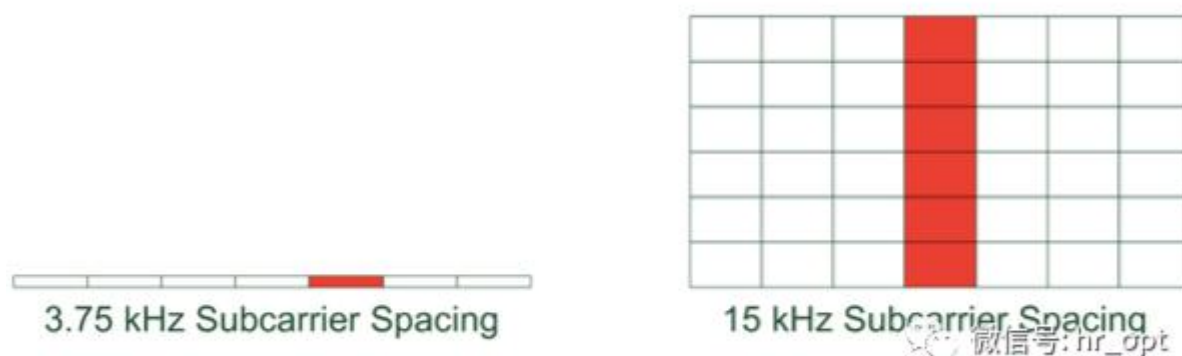
- 包含一个子载波的 RU，采用 BPSK 和 QPSK。
- 其它情况下，采用 QPSK。

由于一个 TB 可能需要使用多个资源单位来传输，因此在 NPDCCH 中接收到的 Uplink Grant 中除了指示上行数据传输所使用的资源单位的子载波的索引 (Index)，也会包含一个 TB 对应的资源单位数目以及重传次数指示。

NPUSCH Format 2 是 NB-IoT 终端用来传送指示 NPDSCH 有无成功接收的 HARQ-ACK/NACK，所使用的子载波的索引(Index)是在由对应的 NPDSCH 的下行分配(Downlink Assignment)中指示，重传次数则由 RRC 参数配置。

#### DMRS

根据 NPUSCH 格式，DMRS 每时隙传输 1 个或者 3 个 SC-FDMA 符号。



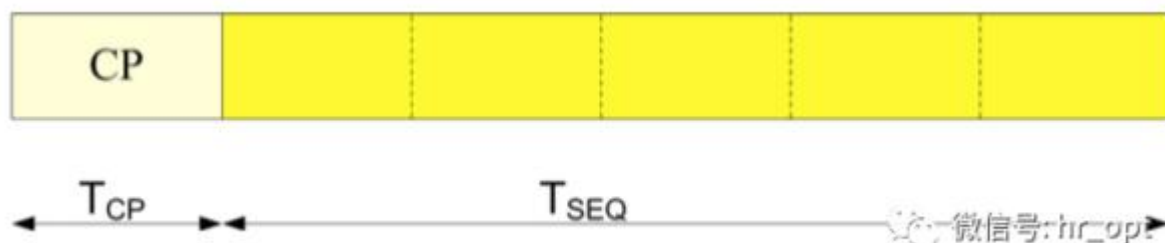
▲NPUSCH format 1。上图中，对于子载波空间为 15 kHz，一个 RU 占用了 6 个子载波。



▲NPUSCH format 2，此格式下，RU 通常只占一个子载波。

#### NPRACH

和 LTE 的 Random Access Preamble 使用 ZC 序列不同，NB-IoT 的 Random Access Preamble 是单频传输 (3.75KHz 子载波)，且使用的 Symbol 为一定值。一次的 Random Access Preamble 传送包含四个 Symbol Group，一个 Symbol Group 是 5 个 Symbol 加上一 CP，如下图：

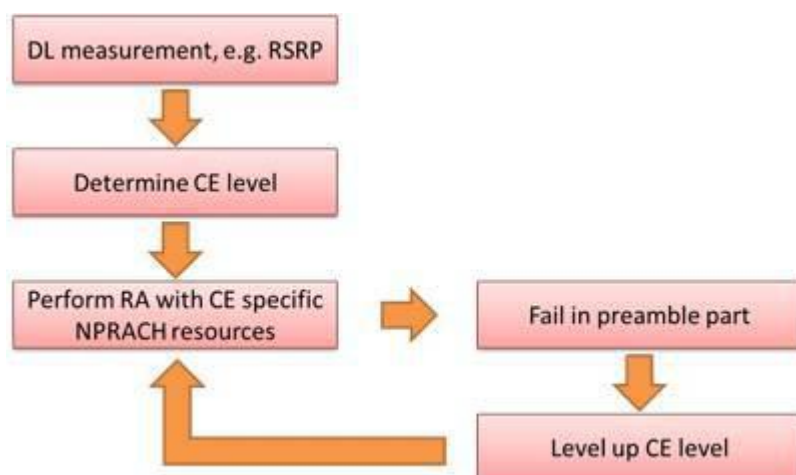


▲Radom Access Preamble Symbol Group

每个 Symbol Group 之间会有跳频。选择传送的 Random Access Preamble 即是选择起始的子载波。



基站会根据各个 CE Level 去配置相应的 NPRACH 资源，其流程如下图：



### ▲NB-IoT Random Access 流程

Random Access 开始之前，NB-IoT 终端会通过 DL measurement(比如 RSRP)来决定 CE Level，并使用该 CE Level 指定的 NPRACH 资源。一旦 Random Access Preamble 传送失败，NB-IoT 终端会在升级 CE Level 重新尝试，直到尝试完所有 CE Level 的 NPRACH 资源为止。

### 3 小区接入

NB-IoT 的小区接入流程和 LTE 差不多：小区搜索取得频率和符号同步、获取 SIB 信息、启动随机接入流程建立 RRC 连接。当终端返回 RRC\_IDLE 状态，当需要进行数据发送或收到寻呼时，也会再次启动随机接入流程。

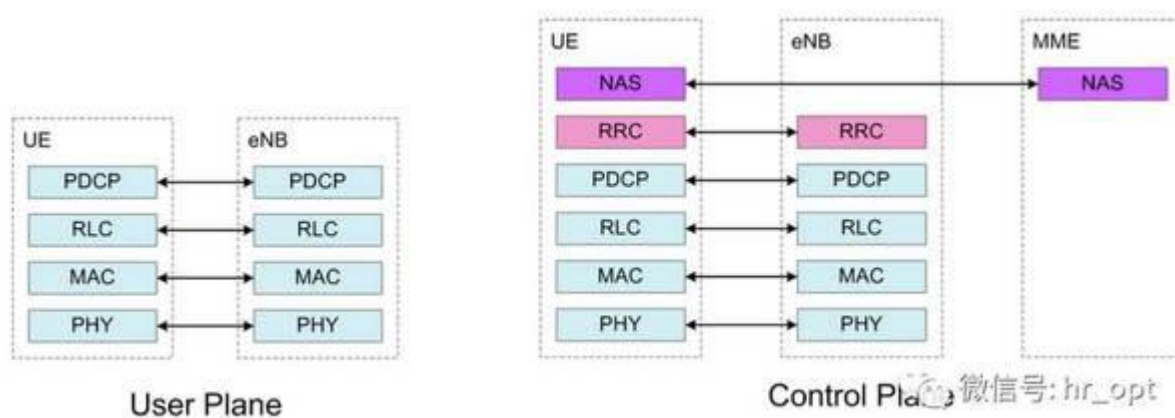
#### 3.1 协议栈和信令承载

总的来说，NB-IoT 协议栈基于 LTE 设计，但是根据物联网的需求，去掉了一些不必要的功能，减少了协议栈处理流程的开销。因此，从协议栈的角度看，NB-IoT 是新的空口协议。

以无线承载（RB）为例，在 LTE 系统中，SRB（signalling radio bearers，信令无线承载）会部分复用，SRB0 用来传输 RRC 消息，在逻辑信道 CCCH 上传输；而 SRB1 既用来传输 RRC 消息，也会包含 NAS 消息，其在逻辑信道 DCCH 上传输。

LTE 中还定义了 SRB2，但 NB-IoT 没有。

此外，NB-IoT 还定义一种新的信令无线承载 SRB1bis，SRB1bis 和 SRB1 的配置基本一致，除了没有 PDCP，这也意味着在 Control Plane ClOT EPS optimisation 下只有 SRB1bis，因为只有在这种模式才不需要。



### ▲NB-IoT 协议栈

#### 3.2 系统信息

NB-IoT 经过简化，去掉了一些对物联网不必要的 SIB，只保留了 8 个：

System Information Block	Content
MIB-NB	Essential information required to receive further system information
SIBType1-NB	Cell access and selection, other SIB scheduling
SIBType2-NB	Radio resource configuration information
SIBType3-NB	Cell re-selection information for intra-frequency, inter-frequency
SIBType4-NB	Neighboring cell related information relevant for intra-frequency cell re-selection
SIBType5-NB	Neighboring cell related information relevant for inter-frequency cell re-selection
SIBType14-NB	Access Barring parameters
SIBType16-NB	Information related to GPS time and Coordinated Universal Time (UTC)

?SIBType1-NB: 小区接入和选择，其它 SIB 调度

?SIBType2-NB: 无线资源分配信息

?SIBType3-NB: 小区重选信息

?SIBType4-NB: Intra-frequency 的邻近 Cell 相关信息

?SIBType5-NB: Inter-frequency 的邻近 Cell 相关信息

?SIBType14-NB: 接入禁止(Access Barring)

?SIBType16-NB: GPS 时间/世界标准时间信息

需特别说明的是，SIB-NB 是独立于 LTE 系统传送的，并非夹带在原 LTE 的 SIB 之中。

### 3.3 小区重选和移动性

由于 NB-IoT 主要为非频发小数据包流量而设计，所以 RRC\_CONNECTED 中的切换过程并不需要，被移除了。如果需要改变服务小区，NB-IoT 终端会进行 RRC 释放，进入 RRC\_IDLE 状态，再重选至其他小区。

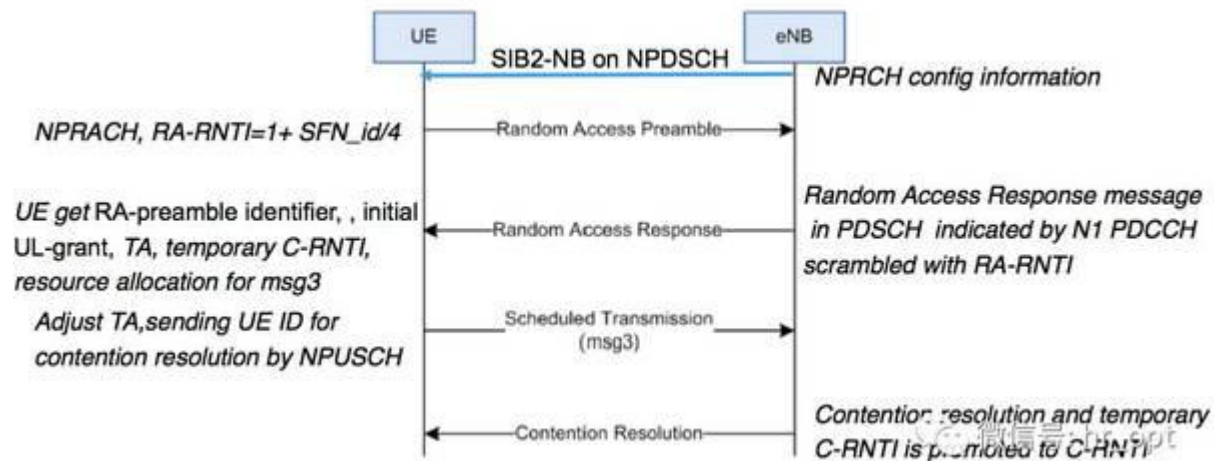
在 RRC\_IDLE 状态，小区重选定义了 intra frequency 和 inter frequency 两类小区，inter frequency 指的是 in-band operation 下两个 180 kHz 载波之间的重选。

NB-IoT 的小区重选机制也做了适度的简化，由于 NB-IoT 终端不支持紧急拨号功能，所以，当终端重选时无法找到 Suitable Cell 的情况下，终端不会暂时驻扎(Camp)在 Acceptable Cell，而是持续搜寻直到找到 Suitable Cell 为止。根据 3GPP TS 36.304 定义，所谓 Suitable Cell 为可以提供正常服务的小区，而 Acceptable Cell 为仅能提供紧急服务的小区。

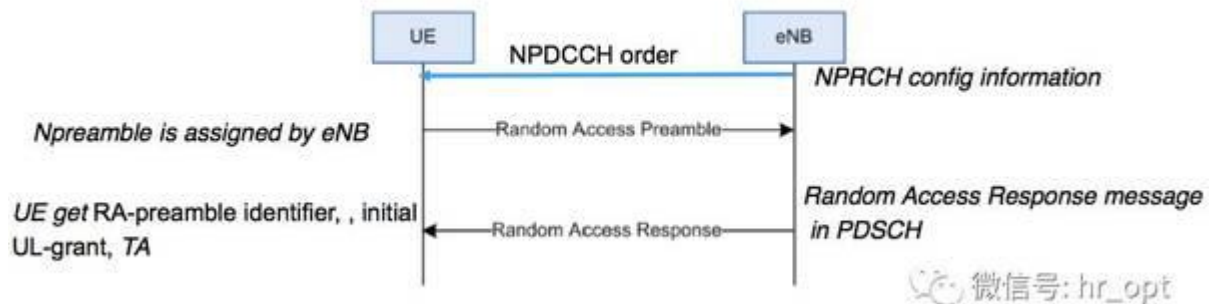
### 3.4 随机接入过程

NB-IoT 的 RACH 过程和 LTE 一样，只是参数不同。

基于竞争的 NB-IOT 随机接入过程



基于非竞争的 NB-IOT 随机接入过程



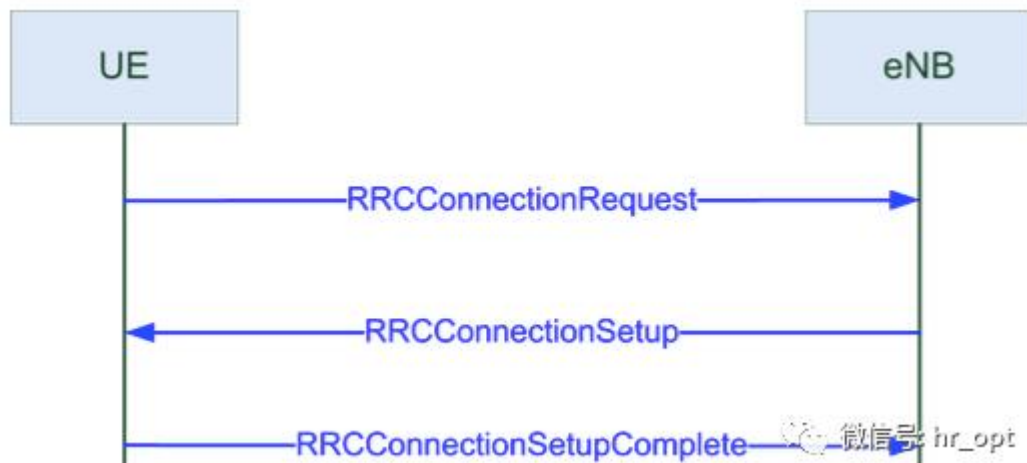
### 3.5 连接管理

由于 NB-IoT 并不支持不同技术间的切换，所以 RRC 状态模式也非常简单。



#### RRC Connection Establishment

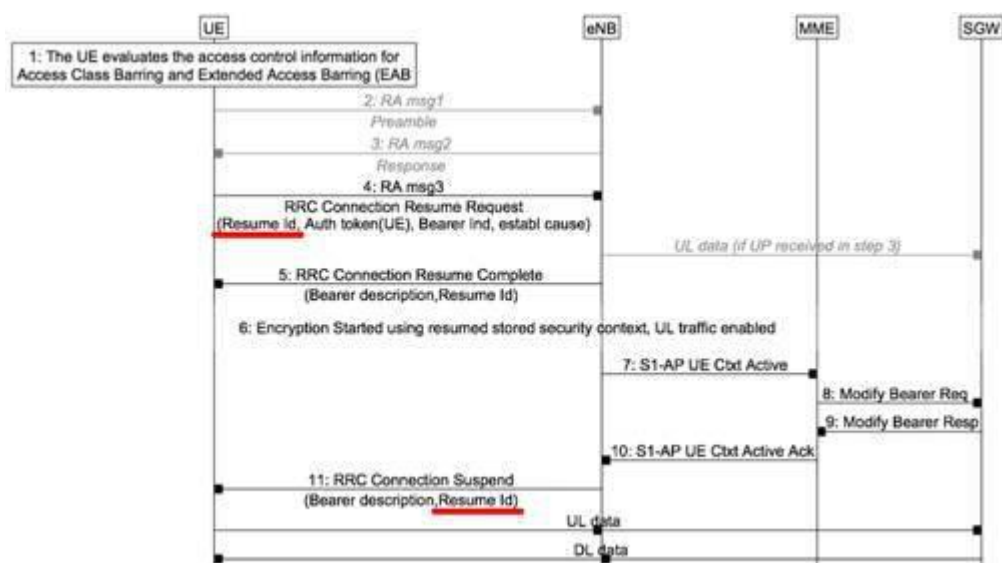
RRC Connection Establishment 流程和 LTE 一样，但内容却不相同。



很多原因都会引起 RRC 建立，但是，在 NB-IoT 中，RRCConnectionRequest 中的 Establishment Cause 里没有 delayTolerantAccess，因为 NB-IoT 被预先假设为容忍延迟的。

另外，在 Establishment Cause 里，UE 将说明支持单频或多频的能力。

与 LTE 不同的是，NB-IoT 新增了 Suspend-Resume 流程。当基站释放连接时，基站会下达指令让 NB-IoT 终端进入 Suspend 模式，该 Suspend 指令带有一组 Resume ID，此时，终端进入 Suspend 模式并存储当前的 AS context。



当终端需要再次进行数据传输时，只需要在 RRC Connection Resume Request 中携带 Resume ID（如上图第四步），基站即可通过此 Resume ID 来识别终端，并跳过相关配置信息交换，直接进入数据传输。

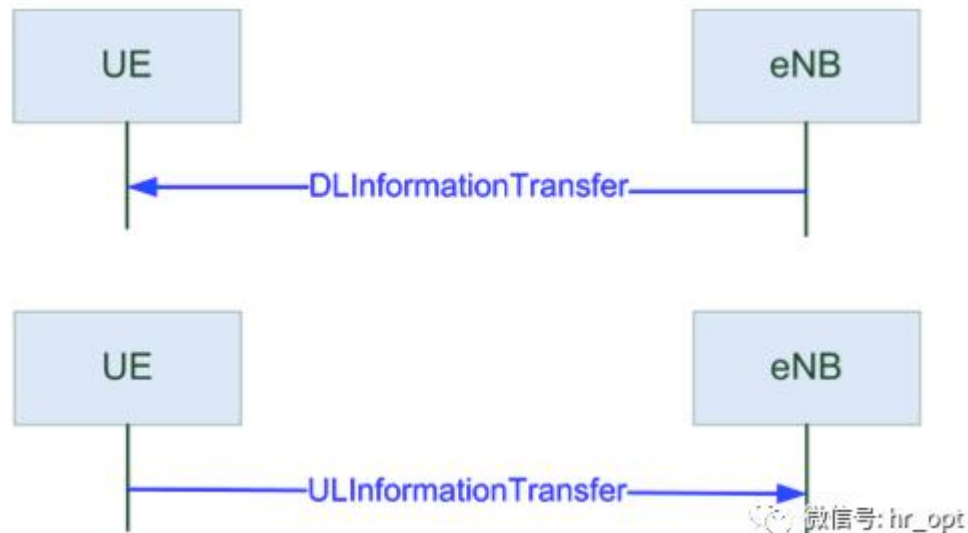
简而言之，在 RRC\_Connected 至 RRC\_IDLE 状态时，NB-IoT 终端会尽可能的保留 RRC\_Connected 下所使用的无线资源分配和相关安全性配置，减少两种状态之间切换时所需的信息交换数量，以达到省电的目的。

#### 4 Data Transfer

如前文所述，NB-IoT 定义了两种数据传输模式：Control Plane CIoT EPS optimisation 方案和 User Plane CIoT EPS optimisation 方案。对于数据发起方，由终端选择决定哪一种方案。对于数据接收方，由 MME 参考终端习惯，选择决定哪一种方案。

##### 4.1 Control Plane CIoT EPS Optimisation

对于 Control Plane Clot EPS Optimisation, 终端和基站间的数据交换在 RRC 级上完成。对于下行, 数据包附带在 RRCConnectionSetup 消息里; 对于上行, 数据包附带在 RRCConnectionSetupComplete 消息里。如果数据量过大, RRC 不能完成全部传输, 将使用 DLInformationTransfer 和 ULInformationTransfer 消息继续传送。



这两类消息中包含的是带有 NAS 消息的 byte 数组, 其对应 NB-IoT 数据包, 因此, 对于基站是透明的, UE 的 RRC 也会将它直接转发给上一层。

在这种传输模式下, 没有 RRC connection reconfiguration 流程, 数据在 RRC connection setup 消息里传送, 或者在 RRC connection setup 之后立即 RRC connection release 并启动 resume 流程。

#### 4.2 User Plane Clot EPS optimisation

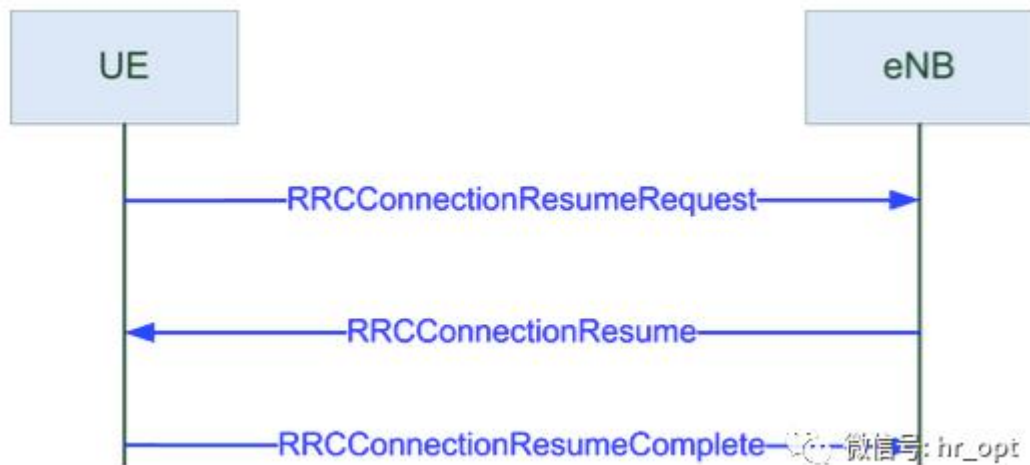
在 User Plane Clot EPS optimisation 模式下, 数据通过传统的用户面传送, 为了降低物联网终端的复杂性, 只可以同时配置一个或两个 DRB。

此时, 有两种情况:

?当 RRC 连接释放时, RRC 连接释放会携带携带 Resume ID, 并启动 resume 流程, 如果 resume 成功, 更新密钥安全建立后, 保留了先前 RRC\_Connected 的无线承载也随之建立。







当 RRC 连接释放时，如果 RRC 连接释放没有携带 Resume ID，或者 resume 请求失败，安全和无线承载建立过程如下图所示：



首先，通过 SecurityModeCommand 和 SecurityModeComplete 建立 AS 级安全。

在 SecurityModeCommand 消息中，基站使用 SRB1 和 DRB 提供加密算法和对 SRB1 完整性保护。LTE 中定义的所有算法都包含在 NB-IoT 里。

当安全激活后，进入 RRC connection reconfiguration 流程建立 DRBs。



在重配置消息中，基站为 UE 提供无线承载，包括 RLC 和逻辑信道配置。PDCP 仅配置于 DRBs，因为 SRB 采用默认值。在 MAC 配置中，将提供 BSR、SR、DRX 等配置。最后，物理配置提供将数据映射到时隙和频率的参数。

### 4.3 多载波配置

在 RRCConnectionReconfiguration 消息中，可在上下行设置一个额外的载波，称为非锚定载波（non-anchor carrier）。

基于多载波配置，系统可以在一个小区里同时提供多个载波服务，因此，NB-IoT 的载波



可以分为两类：提供 NPSS、NSSS 与承载 NPBCH 和系统信息的载波称为 Anchor Carrier，其余的载波则称为 Non-Anchor Carrier。

当提供 non-anchor 载波时，UE 在此载波上接收所有数据，但同步、广播和寻呼等消息只能在 Anchor Carrier 上接收。

NB-IoT 终端一律需要在 Anchor Carrier 上面 Random Access，基站会在 Random Access 过程中传送 Non-Anchor Carrier 调度信息，以将终端卸载至 Non-Anchor Carrier 上进行后续数据传输，避免 Anchor Carrier 的无线资源吃紧。

另外，单个 NB-IoT 终端同一时间只能在一个载波上传送数据，不允许同时在 Anchor Carrier 和 Non-Anchor Carrier 上传送数据。

好了，一大堆鸟文总算翻译完了，还不算最全，不过已经腰酸痛，累成狗。分享通信知识，共享美好通信未来，我是一个兴趣使然的通信工程师

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

