

# 诺基亚NB-IoT功能演进介绍

- 黄川
- 2017-10-05

# NB-IoT产品路线介绍

## 2017 (GA)

### FL17A (Candidate Features)

- LTE3071 NB-IoT: Inband [5-20MHz, FSMF]
- LTE3509 NB-IoT: Inband [5-20MHz, AirScale]
- LTE3668 NB-IoT: Coverage enhancements up to 20dB
- LTE3819 IoT: Cat-M and NB-IoT on same 10MHz cell [FSMF]
- LTE3669 NB-IoT: Paging support

## 1H2018 (GA)

### FL18 (Candidate Features)

- LTE3543 NB-IoT Standalone
- LTE3125 Extended Idle DRX (eDRX) [NB-IoT, Cat-M1, Cat1]
- LTE4040 IoT: Cat-M and NB-IoT on same cell [5-20MHz, FSMF, AirScale]
- LTE3722 NB-IoT: Additional configurations (4Rx, 4Tx or 1Tx support at eNB)

## 2H2018 (GA)

### FL18A (Candidate Features)

- LTE3571 NB-IoT: Improved Feature interactions I
- LTE3667 NB-IoT: Support on Airscale with Baseband Pooling
- LTE3840 NB-IoT: Multiple Coverage levels
- LTE3721 NB-IoT: Multi-tone transmissions in UL
- LTE3570 NB-IoT Guard Band
- LTE4117 NB-IoT: Idle mode Mobility
- LTE4063 NB-IoT: Online parameter and SIB Modification
- LTE3673 Cat-M1 & NB-IoT: Coexistence with Supercells

## 2019 (GA)

### FL19 and beyond (Candidate Features)

- LTE4036 Multiple NB-IoT carriers
- LTE4182 NB-IoT User Plane support
- LTE3730 NB-IoT: Enhancements and improved Feature interactions II
- LTE3607 Extended Access barring [Cat-M1, NB-IoT]
- LTE3239 Support of Dedicated Core Networks
- LTE4196 NB-IoT: Inband support in 3MHz
- LTE4183 NB-IoT User Plane optimization
- 3GPP Rel14 NB-IoT Positioning
- 3GPP Rel14 NB-IoT data rate improvements

# LTE3071 (FSMF) / LTE3509 (AirScale without Baseband pooling)

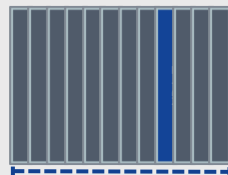
## 支持低成本，窄带和低功率设备的物联网

- 3GPP Rel-13 基于新型的**低成本，低功耗设备**为目标进行M2M通信，对应的UE类型称为**Cat-NB1**
- NB-IoT支持3种不同的操作模式 (**Inband mode**)
- 控制面解决方案 (**Data over NAS**)
- 支持独立的NB-IoT的核心网
- 由于性能原因，NB-IoT不支持如CA、VoIP、GBR等的高级功能。在3GPP Rel13中UE不支持NB-IoT的切换。
- 目前仅支持FDD制式
- LTE3071 (**inband NB-IoT**)仅支持FSMr3的系统模块
- LTE3509支持在AirScale(**without Baseband pooling**)上激活Inband NB-IoT功能
- OBSAI和Nokia-CPRI接口的无线模块支持该功能
- 在LTE3667中将会支持Baseband pooling

- Coverage: 144 dB
- Module cost: \$2-4
- Battery life: +10 years
- Scalability: +50k/cell
- Bit rate UL: <15 - 21 kbit/s
- Bit rate DL: <26 - 170 kbit/s
- 180kHz RF bandwidth
- Half duplex mode
- DL: OFDMA with 15 kHz
- UL: Single tone transmission
- TM2

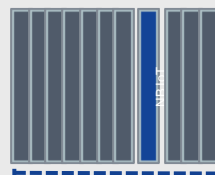
• Network upgrade: SW

• Platform: FSMF, **AirScale**



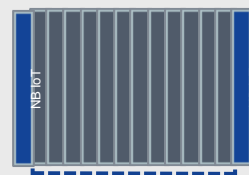
LTE carrier

**In-band (LTE3071 / LTE3509)**  
utilizing resource blocks within a normal LTE carrier



GSM carriers

**Standalone (LTE3543)** utilizing for example the spectrum currently being used by GERAN systems as a replacement of one or more GSM carriers.



LTE carrier

**Guard band (LTE3570)**  
utilizing the unused resource blocks within a LTE carrier's guard-band



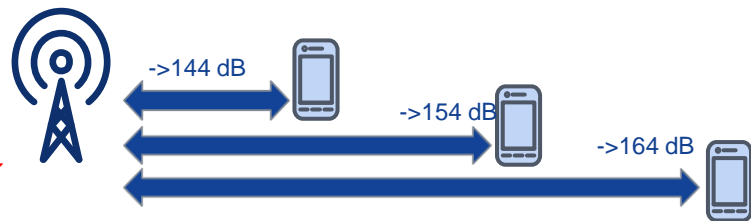
**AirScale System Module**  
(Internal name: FSM4, SM4, S4)

# LTE3668 NB-IoT Coverage enhancements

改进NB-IoT的链路预算，在LTE 144dB正常覆盖基础上有+ 20 dB的覆盖增强

- 主要通过**重复发送**来对覆盖进行20dB的延伸
- 可以针对每小区的**单个覆盖等级**进行配置
- 专用的可配置参数**允许为每个物理通道配置重复次数,包括 PRACH configuration, RACH parameters, PDCCH Search Spaces, RLC / MAC parameters, MCS
  - 相同小区下的NB-IoT用户的使用同样的重复次数
  - 可以在144dB MCL的正常覆盖到164dB MCL的极端覆盖之间进行微调
- 增强覆盖功能还引入了上行传输间隔功能 (**Uplink transmission gaps**, NPUSCH/NPRACH) .
- 该功能可以在每个小区分别激活, 由**参数 maxCoverageMCL**决定

Channel	NPDCCH		NPDSCH		NPUSCH	NPUSCH	NPRACH
Deployment Mode	Standalone	inband	Standalone	inband	Format 1	Format 2	
SINR - Normal Coverage	14.2	7	15	6.3	7.2	7.2	14.2
SINR - Robust Coverage	4.2	-3	5	-3.7	-2.8	-2.8	4.2
SINR - Extreme Coverage	-5.8	-13	-5	-13.7	-12.8	-12.8	-5.8
<b>Repetitions - Normal Coverage (144dB)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Repetitions - Robust Coverage (154dB)</b>	<b>8</b>	<b>128</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
<b>Repetitions - Extreme Coverage (164dB)</b>	<b>256</b>	<b>1024</b>	<b>16</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>128</b>



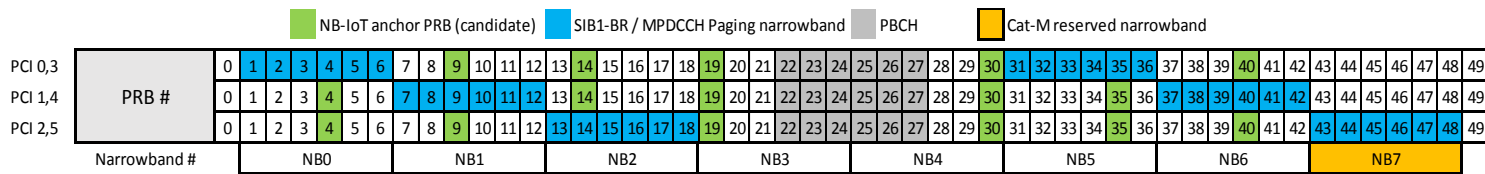
LTE3668 Repetitions vs coverage enhancements

Channel Repetitions	NPDCCH	NPDSCH	NPUSCH F1	NPUSCH F2	NPRACH
Normal Coverage (144dB)	2	1	1	1	4
Robust Coverage (154dB)	128	16	4	16	16
Extreme Coverage (164dB)	1024	256	128	128	128
Max repetition in 3GPP	2048	2048	128	128	128

# LTE3819 / LTE4040 NB-IoT: Cat-M1 and NB-IoT on same LTE cell

## 启用在同一小区上部署Cat-M和NB-IoT，用于补充MTC应用场景

- 在LTE3819上，支持Cat-M 和 NB-IoT共存于相同的宿主LTE 10MHz 小区中
- 在LTE4040上，支持Cat-M 和 NB-IoT的在相同的宿主LTE小区中的应用范围扩展到：
  - 5MHz, 15MHz or 20MHz Bandwidth for both FSMF and AirScale platforms
  - 10MHz for AirScale
- Downlink NB-IoT PRB需要避免与Cat-M的窄频带资源以及SIB1-BR跳频 (基于Cat-M的配置)的冲突
  - DL PRB 的可选位置: 5MHz DL PRB: #7 or #17; 10MHz DL PRB: #19 or #30; 15MHz DL PRB: #32 or #42; 20MHz DL PRB: #44 or #55.



- Uplink NB-IoT PRB选择与宿主细胞中的Cat-M窄带不发生冲突
- 用户容量: 最大100个Cat-M用户, 以及420个NB-IoT用户
  - 无线准入控制的原则不变

# LTE3669 NB-IoT: Paging support

额外的应用用例，用于支持当网络或服务器需要联系UE的时候

- 引入S1 AP 寻呼消息，允许NB-IoT UE的被叫请求



## NB-IoT UE 的寻呼

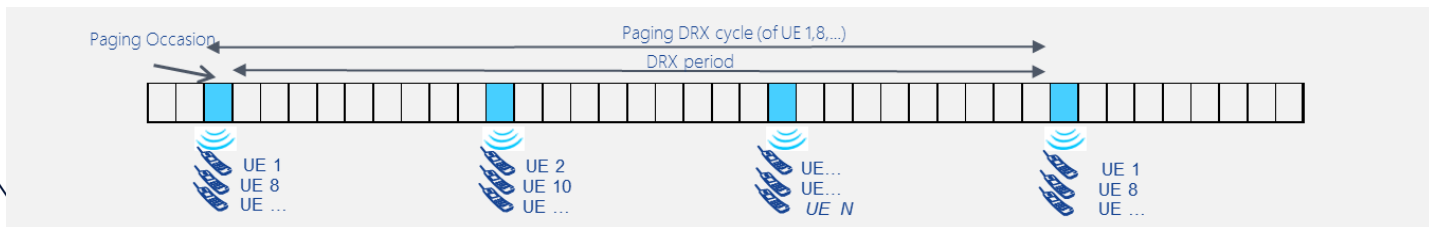
- 在UE已经接收到NPSS/NSSS, NPBCH和SIB消息之后，NB-IoT UE在RRC\_IDLE状态下可在一个载波上接收寻呼消息
- NPDSCH携带支持PCCH(寻呼控制信道)的PCH(寻呼信道)，它为NB-IoT UE传输寻呼信息。
- NPDCCH告诉NB-IoT UE关于PCH的资源分配。DCI N2用于寻呼。
- SIB2-NB包含了用于Paging的NPDCCH最大重复次数以及寻呼周期。
- 由MME发起的寻呼，功能考虑单一的覆盖等级
- 在需要传输寻呼时，正在进行的数据传输将被覆盖。
- 寻呼优化过程**依赖于MME S1AP 寻呼消息提供的ECGI和寻呼尝试数，第一次寻呼尝试只在接收到的ECGI下发送，下一次寻呼将会在NB-IoT小区所在的TAC下群发。

$$\text{SFN mod } T = (T \text{ div } N) * (\text{UE\_ID mod } N)$$

DRX Cycle

IMSI mod 4096

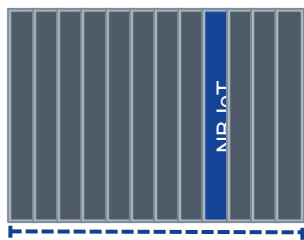
Min(T,nB)



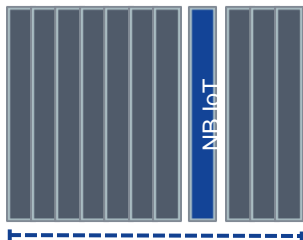
# LTE3543 NB-IoT: Standalone

该功能以FSMr3和AirScale为基础，引入了基于FL17SP LTE3071 inband NB-IoT的Standalone NB-IoT。

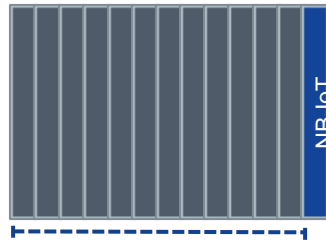
- 独立部署通常用于最大可能的覆盖范围(基于更高的下行可用功率)，或者由于不需要或不够宽而不能使用LTE的频谱。
- Standalone NB-IoT小区作为一个独立的小区存在（与inband NB-IoT类似）
- 对于standalone下行支持1TX mode (TM1) & 2TX mode (TM2)，但是上行仅支持2RX。
- 在standalone NB-IoT小区下NB-IoT用户的最大RRC连接数可以达到420
- 支持与GSM/WCDMA的RF sharing
- 支持与LTE或其它standalone NB-IoT的RF sharing (多载波) -- 仅测试
- 后续应该要增加small cell的NB-IoT standalone -- 暂不支持



LTE carrier  
in-band (FL17A LTE3071)



e.g. GSM carriers  
Standalone (FL18 LTE3543)

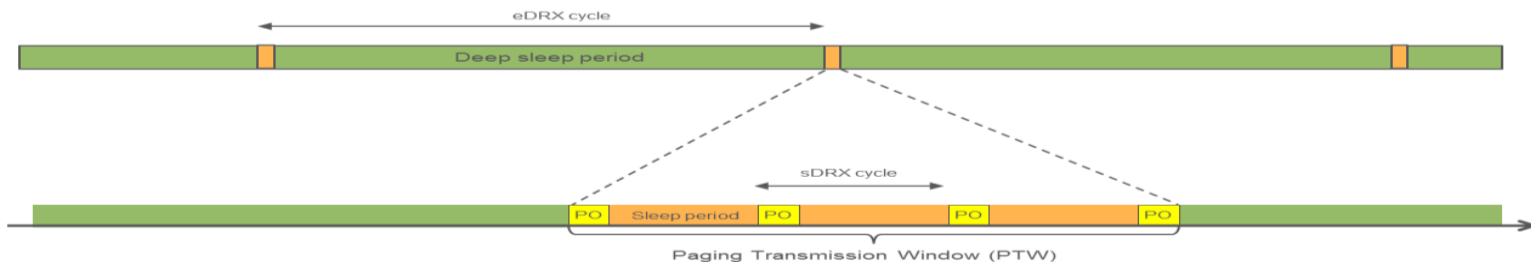


LTE carrier  
Guardband (FL18A LTE3570)

# LTE3125 Extended Idle DRX (eDRX)

根据UE的能力，该功能允许延长寻呼时机之间的时间周期

- 3GPP R13引入enhanced DRX功能（需要HSS, MME, eNB, UE共同支持）
- SIB1中引入新的IE：eDRX相关信息以及H-SFN IE，传统LTE的SFN最大只能表示1024个系统帧，即最大只能表示10240ms（10.24秒），不足以表示空闲态eDRX下最大约3小时的休眠时间，为此，引入了超帧（Hyter Frame）的概念。
- DRX周期扩展到从2.56秒到3小时。当eDRX周期超时后，进入寻呼传输窗口（Paging Transmission Window），窗口中为UE提供了多个Paging机会
- eDRX对所有UE类型都有效，包括NB-IoT终端和非NB-IoT终端，但该功能更适用于NB-IoT中终端接收指令的场景



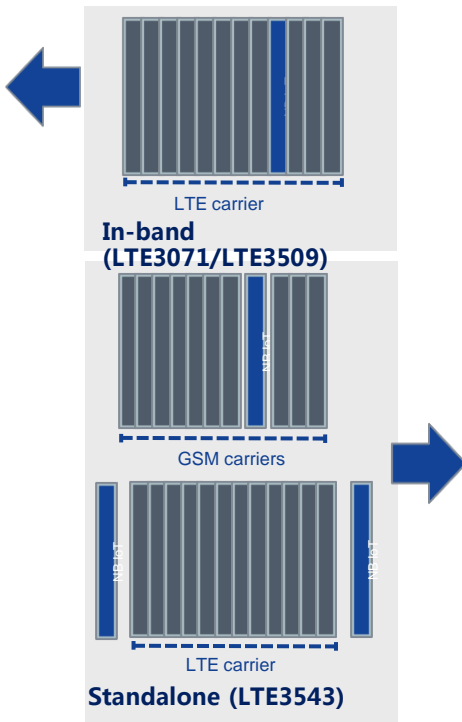


# LTE3722 NB-IoT: Additional configurations

该功能针对NB-IoT小区，支持更多的天线配置(4Rx, 4Tx or 1Tx support at eNB)

□ 对于Inband NB-IoT, 支持额外的宿主LTE小区配置:

- 在宿主LTE小区配置为2Tx/4Rx的时候, NB-IoT小区**支持4Rx**
- 在宿主LTE小区配置为4Tx/4Rx的时候持NB-IoT小区**支持4Tx** (对于NB-IoT小区, 在TM2的情况下, 同样的数据在另外两个Tx 端口发送)
- 在宿主LTE小区配置为1Tx/2Rx的时候, NB-IoT小区**支持1Tx(SIMO)**
- 对于分布式天线系统, 在2Tx2Rx下还可以配置**双TM1**模式
  - 对于NB-IoT inband来说, 天线收发的通道数与宿主LTE小区一样。
  - 在4Tx, 4Rx 或 1Tx配置上均可实现RF sharing



□ 对于Standalone NB-IoT 的增强包括

- **支持4Rx**, 在2Tx4Rx模式下实现
- **支持4Tx**, 通过在另外两个Tx端口上复制传输来支持4Tx4Rx。
- 在双载波的情况下, 正常的LTE小区和Standalone NB-IoT小区之间需采用相同的RxTx方案。
- 在4Tx, 4Rx 或 1Tx配置上均可实现RF sharing
- 注意: TM1 在LTE3543 中同样支持

# LTE3571 NB-IoT: Improved Feature interactions –Phase I

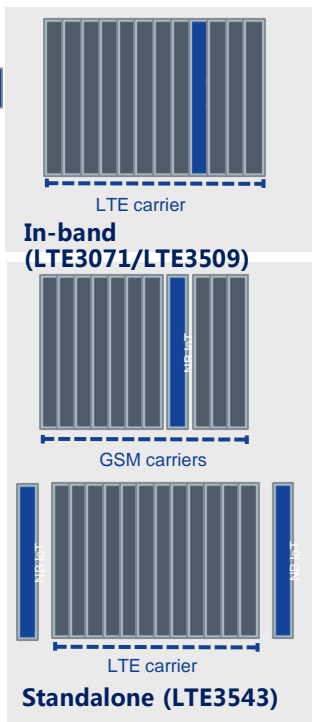
该功能主要是增加一些额外的部署灵活性

对于Inband NB-IoT, 在宿主LTE小区中增加一些附加功能:

- 实现**OTDOA**与NB-IoT共存 (OTDOA仅适用于LTE终端, 3GPP Rel13 的NB-IoT不支持定位)
- 实现**FDD-TDD CA**与NB-IoT共存
- 实现**UL COMP**与NB-IoT共存 (UL COMP仅适用于LTE终端, NB-IoT不支持)
- 实现**eICIC**与NB-IoT共存 (eICIC仅适用于LTE终端, NB-IoT不支持)

对于所有NB-IoT操作模式:

- 对于SMS的基于NAS的数据传输, eNB支持在SIB中增加“**ATTACH without PDN connectivity**”的能力指示。



对于所有NB-IoT操作模式:

- 支持NB-IoT上通过调整周期或负荷百分比实现NPDCCH, NPDSCH的**加载**

对于**Standalone NB-IoT**的增强包括:

- 支持LTE和NB-IoT Standalone载波联合的**三载波配置**
  - 3\* (NB-IoT SA or LTE carrier (with or without Cat-M))
- 与**GSM/WCDMA**之间进行**RF sharing**
  - 1\*NB-IoT SA + GSM + WCDMA
  - 2\*NB-IoT SA + GSM or WCDMA
  - 1\*NB-IoT SA + LTE carrier (with or without Cat-M) + GSM or WCDMA

# LTE3667 NB-IoT on Airscale with Baseband Pooling

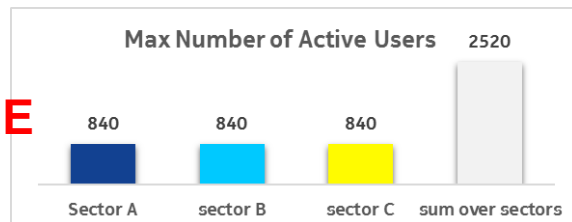
FL18A

支持在基于Baseband Pooling的AirScale上开启NB-IoT

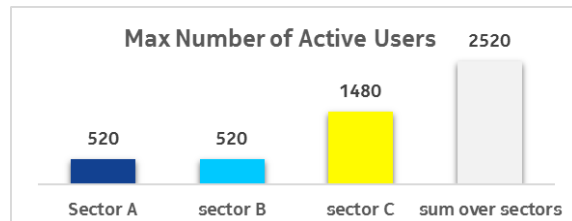
- LTE3509/LTE3543允许NB-IoT Inband/Standalone采用基本的FDD资源配置，即LTE2723的小区资源静态分配
- LTE3667功能的作用就是使NB-IoT小区也可以使用Baseband Pooling功能（LTE2773）
  - “NB-IoT standalone”和“NB-IoT inband”在AirScale系统模块上的基带池中，基带资源可以动态地共享分配给NB-IoT小区
  - 分配给一个eNB的“NB-IoT standalone”和“NB-IoT inband”小区数将被扩展到更大。



BEFORE



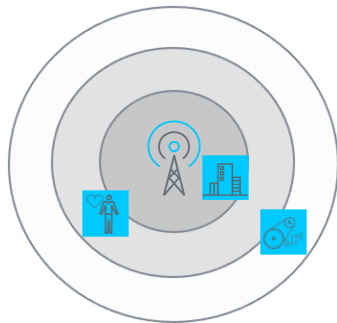
AFTER



# LTE3840 NB-IoT: Multiple coverage levels

## 根据小区中NB-IoT UE的位置，调整覆盖等级

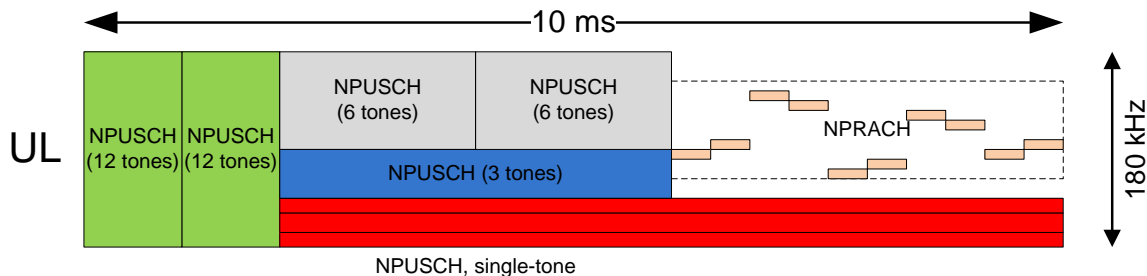
- 最大可以配置3个覆盖等级(normal, robust, extreme) :
  - 最高的覆盖等级可达到+ 20dB的覆盖增强
  - 在LTE3668之上，允许单一覆盖级别
  - 适用于Inband 或 Standalone 模式
  - 适用于HW: FSMr3, AirScale, Small cell
- 覆盖增强的原则
  - eNB根据发送的NPRACH的级别选择覆盖等级
  - 在每个覆盖级别上有专用的可配置参数, 包括: PRACH 配置, RACH 参数, 物理信道的重复次数, PDCCH 搜索空间, RLC / MAC 参数, MCS配置
  - 其中一些参数将在SIB2-NB中进行广播，达到3GPP定义的3个覆盖级别
- 与NB-IoT paging相互作用
  - Paging 优化过程: 在S1 release的时候，eNB会将UE当前的覆盖等级 (NPDCCH的重复次数)信息发送给MME . 在同一UE的后续寻呼中, MME告知eNB关于之前的覆盖率水平，eNB可根据该覆盖等级信息，进行寻呼资源的优化配置。



# LTE3721 NB-IoT: Multi-tone transmissions in UL

针对单次NB-IoT上行传输，该功能仅支持采用6x15 kHz子载波(6-tones)的multi-tone传输

- NPUSCH multi-tone 传输(6 tones)通过参数配置，可以支持更高的MCS（MCS11 和 MCS12）以及更小区的TTI（RU = 4，single tone 需要32ms to 6x multi-tone只需 8ms）
- 对于单个NB-IoT UE支持更高的峰值速率
  - 使用6 tone的时候，瞬时峰值速率是125kbps(TBS=1000 bits, TTI=8ms)
  - 不考虑NPRACH的开销时，持续的峰值速率大约是50 kbps，当考虑到10%的开销时，持续的峰值速率为45 kbps

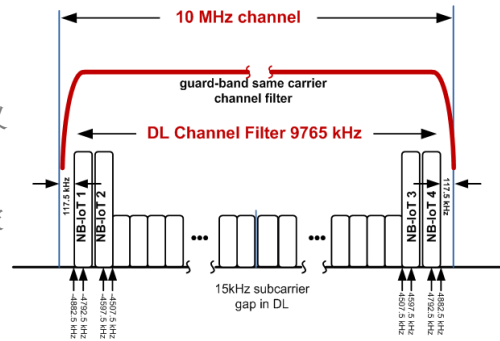


注意: 只有有6 tones的原因，是因为要减少对于没有UL / DL交互的调度的影响，为NPUSCH format 2保留资源。

# LTE3570 NB-IoT Guard Band

该功能在FSMr3 和 AirScale上引入Guard-band NB-IoT操作模式（需要其它一些功能支持为前提）

- Guard-band NB-IoT 支持 10/15/20 MHz LTE 小区.
- 对于网元设备来说Guard-band NB-IoT 小区被看待为一个独立的小区(与in-band NB-IoT类似).
- 在Host LTE 小区的每一端都可以支持一个guard-band NB-IoT载波，即每个宿主LTE小区可以定义两个NB-IoT GB载波。
- 在LTE3570中滤波器的设计需要使用复合载波的解决方案，即LTE滤波器需要扩展到支持LTE载波和NB-IoT GB载波的过滤。
- fNok 和 fALU 无线 均可支持NB-IoT GB 载波。



## 引入LTE3570的先决条件:

Feature No.	Feature Name	Remark
LTE3071	NB-IoT Inband	FL17A: Basic function of NB-IoT in-band support on FSMF
LTE3509	NB-IoT: Inband on Aircscale without BB pooling	FL17A: Extension for NB-IoT in-band support on Aircscale without BB pooling
LTE3819	IoT: Cat-M and NB-IoT on same frequency carrier	FL17A: NB-IoT in-band and Cat-M support on same LTE cell – 10MHz on FSMF
LTE4040	Cat-M1 and NB-IoT on same LTE cell – Phase II	FL18: NB-IoT in-band and Cat-M support on same LTE cell – 5/10/15/20MHz on both FSMF and AirScale
LTE3667	NB-IoT: Support on Aircscale with Baseband Pooling	FL18A: NB-IoT support on Aircscale with BB Pooling

# LTE4117 NB-IoT: Idle mode Mobility

该功能引入NB-IoT在空闲态的移动性管理，即小区重选功能

NB-IoT设备在空闲态的移动性管理，在任何NB-IoT操作模式下都支持，功能主要包括：

- 同频小区重选 (支持SIB3-NB and SIB4-NB)
- 异频小区重选 (支持SIB3-NB and SIB5-NB)
- SIB3-NB 用于小区同频或异频重选的相关信息. SIB4-NB包括用于同频小区重选的同频邻区相关信息. SIB5-NB包括用于异频小区重选的异频邻区相关信息.
- 将引入新的参数用于支持SIB3/4/5-NB消息的广播
- 功能支持FDD 5-20 MHz 带宽的Airscale, FSMF 和 FZM 相关产品.
- NB-IoT在3GPP Rel13中不支持连接态的移动性管理，所以该功能同样不包括连接态的移动性。
- LTE4117是个隐藏的功能，需要LTE3071和LTE3543支持为前提条件，即该功能不需要额外的激活。

# LTE4063 NB-IoT: Online parameter and SIB Modification

FL18A

## 功能支持在无需锁定LTE主机和NB-IoT小区的情况下，修改NB-IoT的一些参数

支持的参数修改包括两类：1、非系统消息相关的参数. 2、系统消息相关参数（需要业务中断）

- 注意：NB-IoT 用户在连接态的时候无法意识到系统消息的变化。因此，如果系统消息被修改并且IoT用户需要知道相关变化，那么连接态的NB-IoT用户必须被释放，这样它们才能进入到空闲态，然后再次搜索 MIB和 SIB消息来获取系统消息的相关变化。该功能要求在SIB修改中释放连接的IoT UE。
- 当IoT UE 进入到idle态，可以通过Direct Indication 或 Paging来通知UE关于SIB的变化。所以这个功能需要支持寻呼和直接指示来处理不同的用例。

### 必要的系统消息变更:

- 对于RRC连接态的NB-IoT UE, E-UTRAN触发连接释放，发送RRCConnectionRelease消息携带extendedWaitTime参数，以保持UE在idle状态。
- 在系统消息修改期间，所有的RRC连接请求将被拒绝，RRCConnectionReject消息携带extendedWaitTime参数，以保持UE在idle状态。
- 在系统消息修改期间，MME发起的所有S1AP:Paging messages将被忽略
- eNB将会通知NB-IoT UE关于SI的更新，使用带有“systemInfoModification”字段的直接指示信息

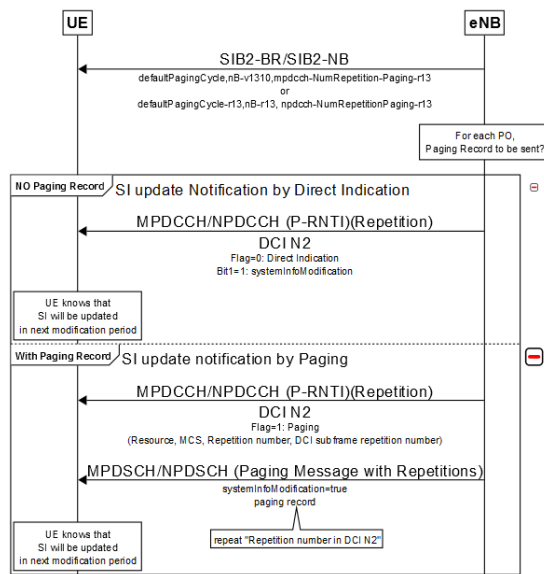
### 不必要的系统消息变更:

- 连接态的NB-IoT UE不需要释放
- NB-IoT UE的RRC连接请求不会被拒绝
- 对NB-IoT UE的寻呼将会被处理
- Paging 或 direction indication 携带 ‘systemInfoModification’ 字段 (使用哪一个取决于paging record以及系统容量) 向NB-IoT UE指示SI的变更。
- 连接态的NB-IoT UE无法知道系统消息的变更，但这是可以接受的，因为这是“非必要的”SIB变化。

### 对于 eDRX idle 状态的 NB-IoT UE:

Upon SIB change (必要或不必要的), ‘systemInfoModification-eDRX’ 字段与 ‘systemInfoModification’ 字段在direct indication 或 paging message 中一起发送。

### CAT-M/NB-IoT SI update notification



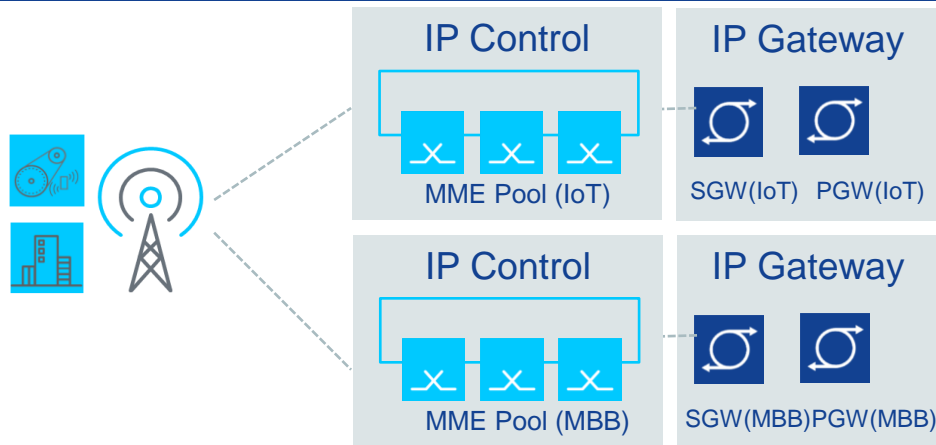


# LTE3239 Support of Dedicated Core Network

FL19

启用NB-IoT专用的核心网并对物联网设备的大量增长进行了优化

- NB-IoT流量的性质不同于传统的LTE用户。许多小消息在移动宽带下并不适合做针对的网络优化。
- 这就是为什么建议为IoT传输，提供单独的核心网
- 简化的核心网，缺乏遗留LTE的特定特性，例如语音支持，VoLTE，允许更好地利用资源。



连接到eNB的MME类型由 **LNMME**:

**mmeRatSupport** 进行控制

- only legacy LTE ('WB-EUTRA MME'),
- only NB-IoT ('NB-IoT MME')
- both legacy LTE and NB-IoT ('integrated MME').

NB-IoT的S1连接可以通过两种不同的方法进行选择:

- NB-IoT UE的专用S1连接。(也就是说，NB-IoT总是有自己的独立的S1连接)
- 基于PLMN的S1选择 (Inband NB-IoT的传输被定向到与宿主LTE小区传输相同的核网)

**NOKIA** 上海贝尔