

NB-IoT系统设备与芯片原型开发

劲华

2017.7.24



目录

1

NB-IoT概述

2

NB-IoT系统简介

3

基站设备原型与终端芯片设计

全球物联网布局已快速展开

物联网需求存在

人与人的通信数量接近饱和

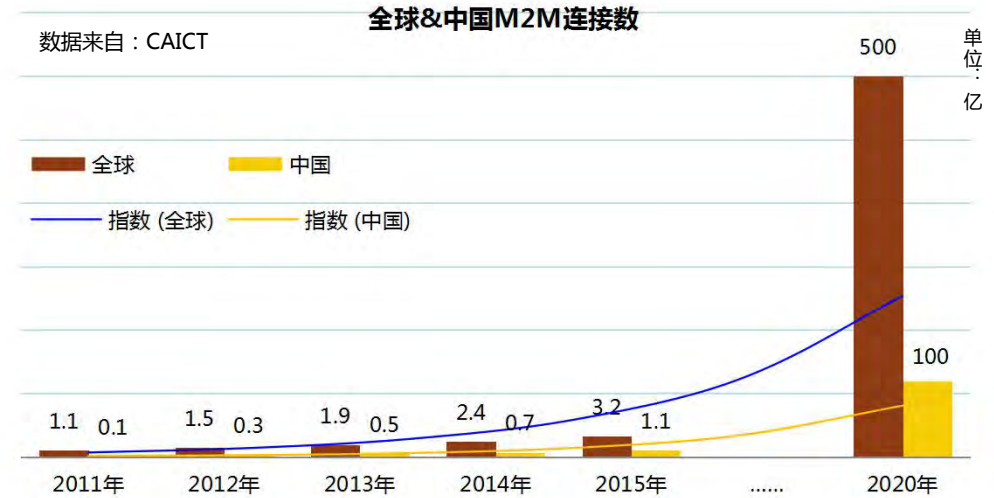
传统2\3\4G网络并不满足物联网设备大连接、低功耗、低成本的要求。

物联网：拥有巨大的潜力商业蓝海

电信行业值得期待的新业务来源



- 未来每个物联网联接贡献的年收入将为**27.8**美元，是移动用户的1/4
- 10年内，物联网终端数量将达到移动通信用户的**10**倍以上。中国物联网也将同步快速发展。



- 国际物联网产业生态布局已全面展开
- 物联网应用呈突破趋势
 - ✓ 未来十年物联网终端数量预计在百亿量级
- 物联网标准化持续推进
 - ✓ 各类无线连接技术标准不断演进：WiFi、ZigBee、Sigfox、V2X、NB-IoT.....


NB-IoT是发展物联网的一个新契机

当前物联网碎片化现状

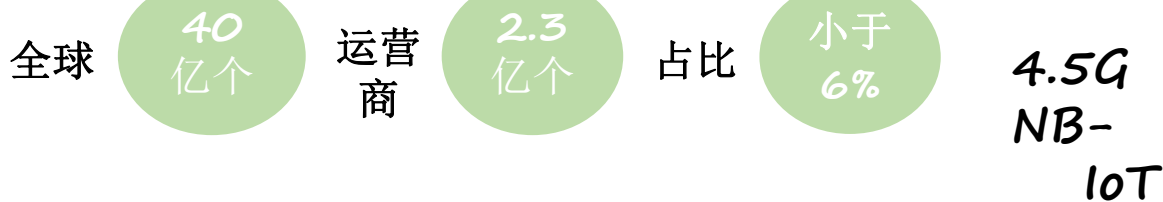
- **技术碎片化**：操作系统和网络标准多样
局域物联网：Wifi、ZigBee、Bluetooth，.....
广域物联网：**Sigfox，LoRa，MTC/eMTC/NB-IoT，.....**
- **应用碎片化**：需求多样化、垂直行业管理、终端形态与分布差异化
- **产业碎片化**：芯片、设备、网络、运营

当前物联网发展的痛点

- 终端功耗过高
- 无法支持海量终端
- 典型场景网络覆盖不足，如：无线抄表
- 终端成本过高



运营商在全球物联网市场占比小，亟待突破！



NB-IoT聚焦于低功耗广覆盖物联网市场，具有**覆盖广、连接多、速率低、成本低、功耗少、架构优**等特点，或许会成为终结碎片化、统一物联网产业的一个契机。

4.5G
NB-IoT

NB-IoT+eMTC是最合适电信运营的物联网解决方案！

NB-IoT典型应用场景

智能抄表（水、电、天然气）

- 特点：终端位置固定，上行延时不敏感的小数据包业务
- 类似场景：油井数据采集（秒级上报，最大包约3000bit）、环境检测

定位追踪

- 特点：移动终端的上行小数据量业务+GPS定位
- 类似场景：老人/幼儿实时定位、宠物追踪、物流追踪（<120km/h）

火灾自动报警

- 特点：终端位置固定，上行延时敏感的小数据包业务
- 类似场景：燃气泄漏报警、电梯故障报警、老人急救



NB-IoT



NB-IOT关键需求及性能指标

大

大连接，接入能力增强

支持海量的低吞吐量终端

每小区支持用户 **5万+**

- 5万用户为小区内部署的终端数，并发用户数较少
- 用户为小数据包且业务不频繁（100bit~3kbit，至多秒级）
- 支持多载波（多频点小区）
- 基于小区列表的寻呼优化
- 上行的时延可放宽到**10s以上**

低

低功耗、低成本设计

终端超低功耗低成本

5Wh的电池可供终端使用 **10年**

- 终端单天线、半双工
- 上行多子载波传输
- 简化终端的下行接收：QPSK、咬尾卷积码、不支持RV版本
- $\pi/2$ -BPSK与 $\pi/4$ -QPSK调制：降低PAPR
- eDRX: 周期最长43min
- 系统信息有效时间延长至24h

强

覆盖能力增强

室外大覆盖，室内穿透能力提升

比现有GPRS网络提升 **20dB**

- 上行单子载波传输，支持更小的子载波间隔
- 物理信道的重复发送
- 基于覆盖等级的寻呼优化和随机接入

NB-IOT的关键性能指标



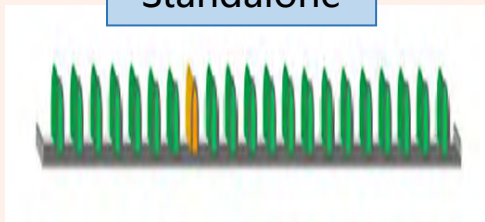
中国电子顶级开发网

- 增强覆盖能力（室外大覆盖，室内穿透能力提升）
 - 比现有GPRS网络提升**20 dB**
 - 支持单用户上下行至少**160 bps**
- 支持海量的低吞吐量终端，每小区支持**5万**以上用户
- 超低终端成本
- 终端低功耗
 - 5Wh的电池可供终端使用**10年**
- 时延
 - 通常对时延要求比较宽松
 - 对某些应用，上行的时延可放宽到**10s**

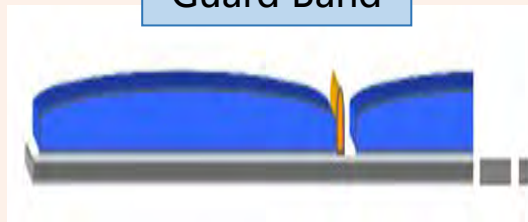
NB-IoT部署方式：

部署方案

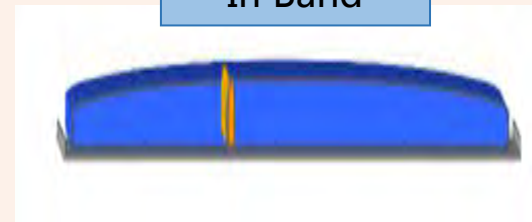
Standalone



Guard Band



In Band



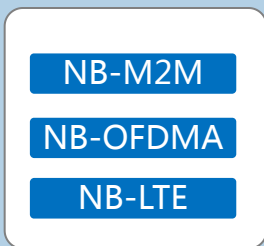
- 基于**LTE带外**或**GSM频段****内**选取200K作为主载波进行部署。
- 上行功率谱密度比GSM最多提升**16.8dB**
- 频带资源丰富，覆盖最好
- 第一阶段：900M FDD部署

- 基于**LTE保护带**选取200K做主载波进行部署。
- 暂无功率谱密度增益的评估结果
- 频带资源少，覆盖一般
- 基本不考虑

- 基于**LTE带内**选取200K作为主载波进行部署
- 上行功率谱密度比LTE提升**6dB**
- 频带资源丰富，覆盖较差
- 中移动要求部署方式

NB-IoT标准设计思路

物理层新空口



NB-IoT

系统带宽	200kHz (前后各10kHz保护间隔)
子载波间隔	上行15kHz/3.75kHz; 下行15kHz
多址方式	上行SC-FDMA; 下行OFDMA
上行其他内容	支持单通道/多通道传输 单通道传输时, 频域采用Sinc脉冲成型, 插CP

高层优化



系统信息优化	延长系统信息的有效性; 扩展系统信息; 优化小区接入和小区重选信息
空闲态优化	延长DRX周期长度, 扩大寻呼发送窗长, 终端异频负荷均衡
接入控制优化	AS层接入控制, 异常报告接入优先、调度优化
信令优化	控制面可传输小数据、SRB1可传输承载小数据业务 控制面节省了PDCP和加密过程

部署方案



独立载波

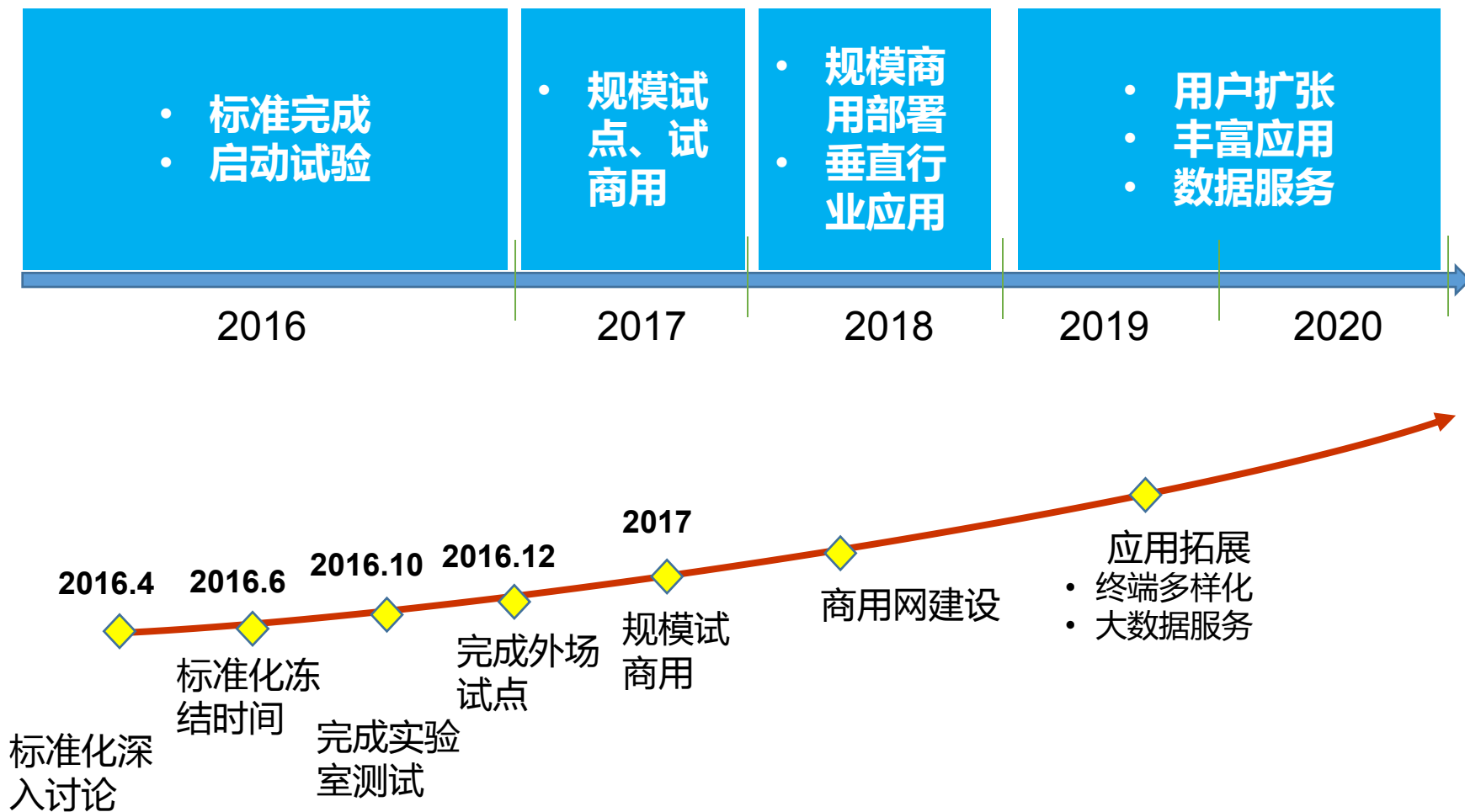


保护带



带内

产业预期



NB-IoT技术应视为5G技术提前引入，未来会平滑演进

目录

1

概述

2

NB-IoT系统概述

3

基站设备原型与终端芯片设计

NB-IoT是一个什么样的系统？



目标

基于电信运营模式的低速物联网系统



特点

- 基于LTE系统架构上的精简通信系统
- 终端单片机化
- 基站遵循4G/LTE架构

NB-IoT需要站在可运营的角度去理解，并进行对应的方案设计！

NB-IoT物理层

- 空口方案

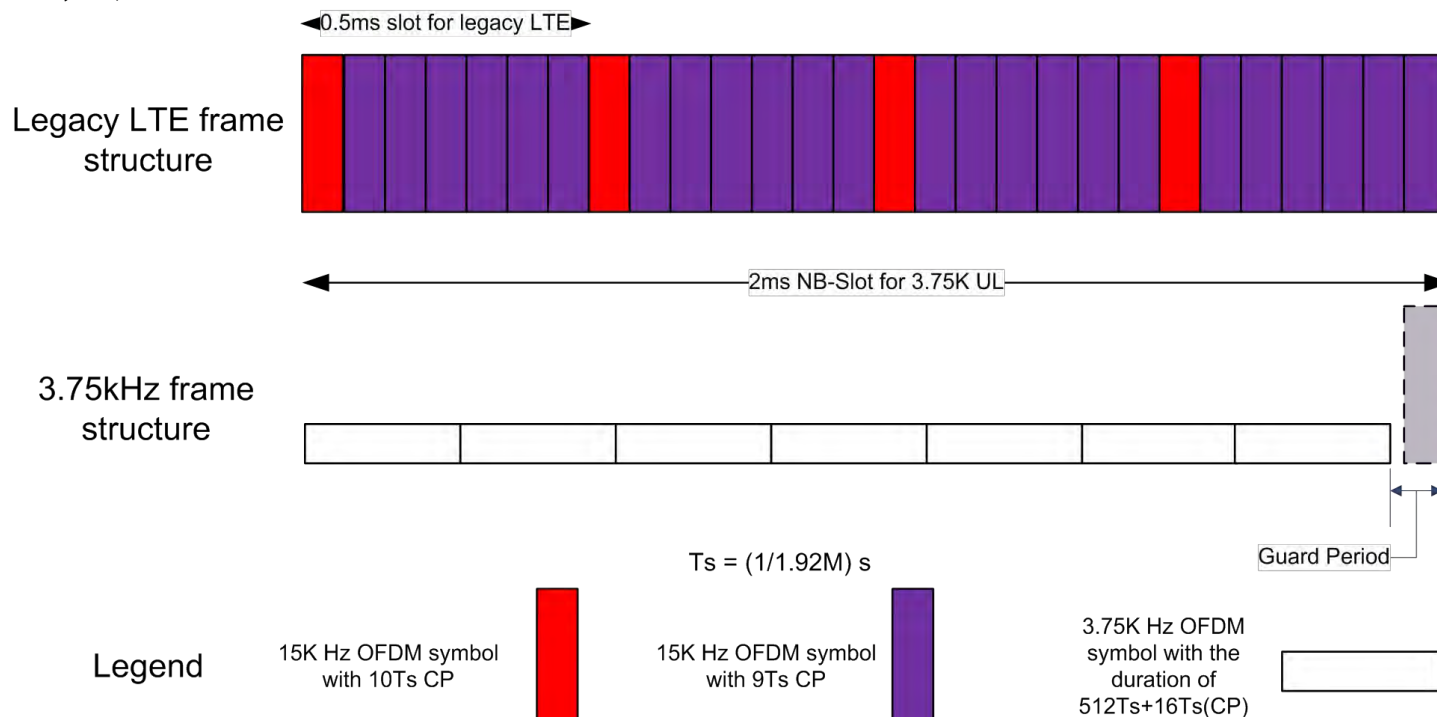
上下行系统带宽	200kHz (前后各10kHz保护间隔)
双工方式	FDD 终端半双工 (TypeB GuardTime), 基站全双工
多址方式	上行SC-FDMA; 下行OFDMA
子载波间隔	上行15kHz/3.75kHz; 下行15kHz
上行传输	支持单通道传输 (3.75kHz/15kHz) 支持多通道传输 (15kHz)
天线端口	上行单端口 下行单端口/双端口SFBC
覆盖增强	所有物理信道均支持重复发送

- 下行类似LTE, 但是更简化, 覆盖增强只靠重复发送;
- 上行除了重复发送外, 还引入更小的子载波间隔和单通道传输方式

NB-IoT物理层

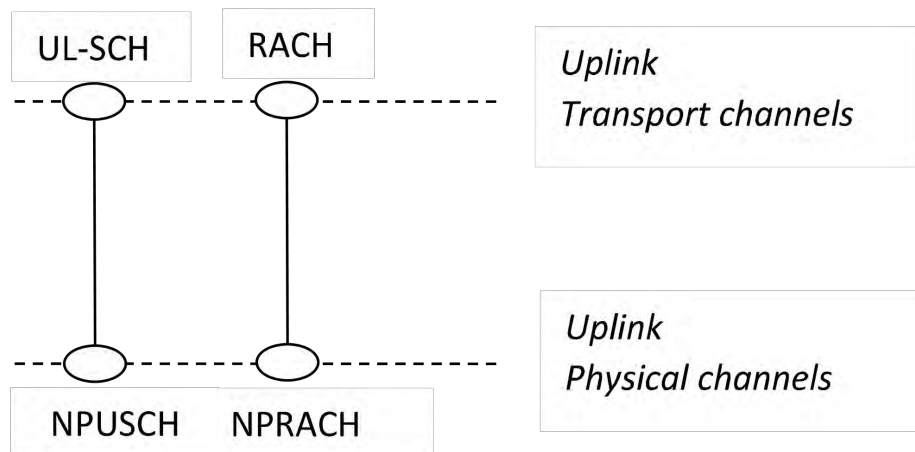
• 帧结构

- 下行只有**15kHz**子载波间隔，帧结构与**LTE**一致
- 上行帧结构与子载波间隔有关：**15kHz**帧结构与**LTE**一致，**3.75kHz**时隙拉长

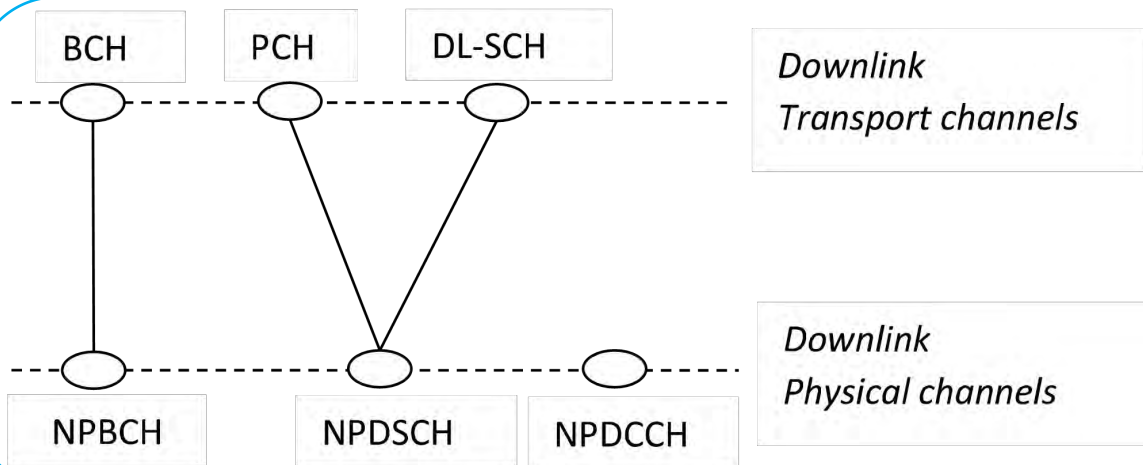


传输信道映射

上行传输信道与
物理信道映射



下行传输信道与
物理信道映射



与LTE差别不大，主要区别在于NB-IoT去除了若干物理信道及其对应的逻辑信道

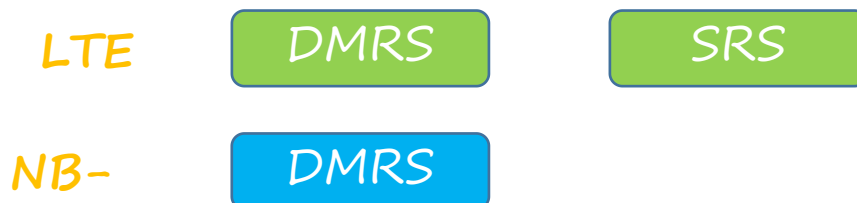
NB-IoT物理层上行

- NB-IoT的上行物理信道



- NB-IoT不支持CSI上报，不支持Scheduling Request上报
- 不支持NPUSCH上业务数据与ACK/NACK复用传输

- NB-IoT的上行物理信号



- LTE: 基于SRS进行TA调整 → NB-IoT: 基于DMRS进行TA调整
- LTE: 基于SRS进行上行链路自适应 → NB-IoT: L2调度支持
- LTE: 基于SRS的波束赋型和AoA计算 → NB-IoT: 不支持

NB-IoT物理层下行

- 协议规定的物理信道



- 没有REG概念
- 不支持NPDSCH与NPDCCH在同子帧上时分复用
- 只支持单端口/双端口SFBC，要求所有下行物理信道使用相同传输模式

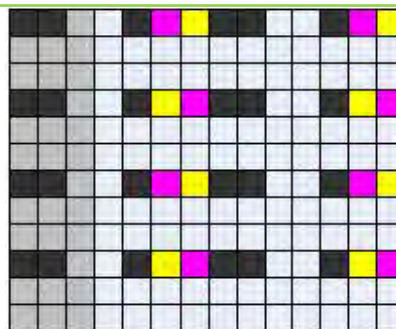
- 协议规定的物理信号



下行物理信号

NRS

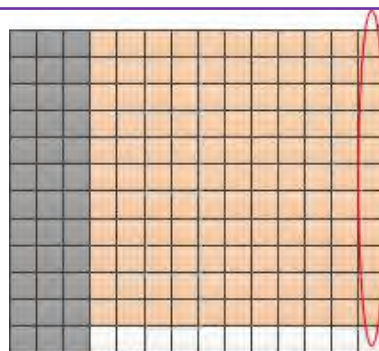
- ✓ 作用类似于LTE CRS
- ✓ 在每个NB-IoT下行子帧发送
- ✓ 支持Port 0~1



- LTE CRS
- LTE PDCCH
- NB-RS Port 0
- NB-RS Port 1

NPSS

- ✓ 用于粗同步，不承载NPCI
- ✓ 短ZC序列（11长）
- ✓ 子帧5发送，每帧发送

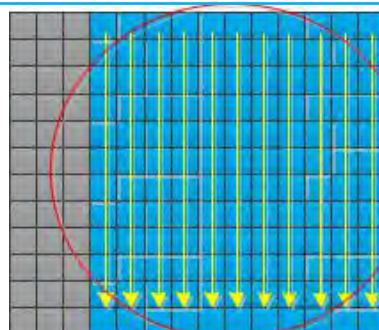


一个NPSS序列

- LTE PDCCH
- NPSS
- Empty

NSSS

- ✓ 用于精同步和承载NPCI
- ✓ 长ZC序列（132长）
- ✓ 子帧9发送，隔帧发送



一个NSSS序列

- LTE PDCCH
- NSSS

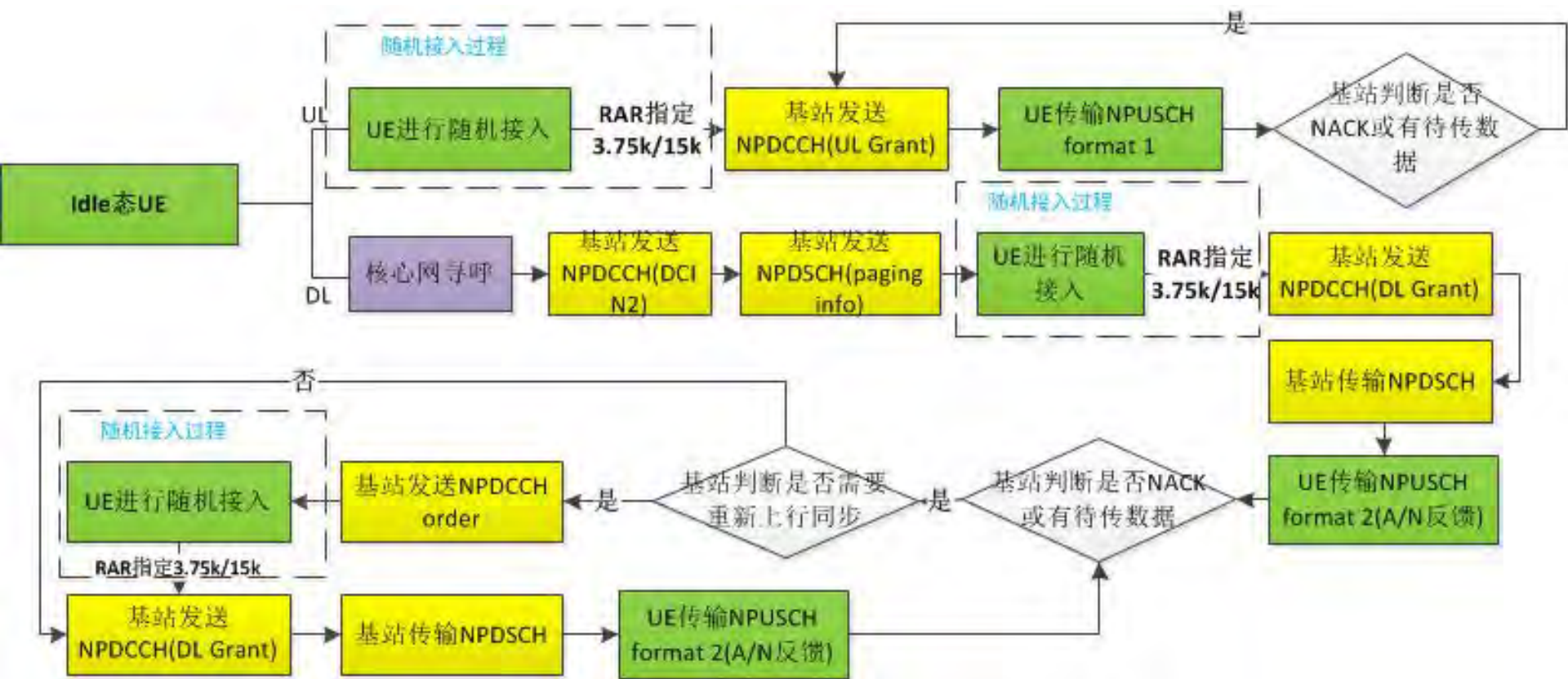
多载波

- 为增加NB-IoT小区容量，R13 NB-IoT引入了单小区多载波
 - 对于用户来说，需要区分主辅载波
 - 主载波
 - UE只在下行主载波上接收NPBCH/SIBx/NPSS/NSSS，只在上行主载波上进行随机接入
 - 主载波需满足100kHz信道栅度，便于UE进行小区初搜
 - 辅载波
 - 可以通过UE专属RRC信令为UE配置上/下行辅载波，仅可用于业务数据的传输

目前，中移动招标均要求两载波以上

NB-IoT物理层过程

• NB-IoT上下行物理过程



L2概述—MAC层变化

LTE MAC协议层功能

- PRACH过程
- 逻辑信道与传输信道的映射
- 复用和解复用
- 调度
- 逻辑信优先级处理
- 连接态DRX
- BSR上报
- DL HARQ (multi process)
- UL HARQ (multi process)
- MBMS
- DSR
- SPS



NB-IoT MAC协议层功能

- PRACH过程
- 逻辑信道与传输信道的映射
- 复用与解复用
- 调度
- 逻辑信道优先级处理
- 连接态DRX
- BSR上报
- DL HARQ (one process)
- UL HARQ (one process)



- MBMS
- DSR
- SPS

L2概述—RLC层变化

LTE RLC协议层功能

- PDUs传输
- RLC SDUs级联、分段、重组
- AM模式及UM模式数据传输
- RLC重分段
- RLC重建立
- 按序递交
- 重复检查
- 重排序



NB-IoT RLC协议层功能

- PDUs传输
- RLC SDUs级联、分段、重组
- AM模式传输（UM不支持）
- RLC重分段
- RLC重建立（for the UP solution）
- 按序递交和重复检查



- 重排序
- UM模式

L2概述—PDCP层变化

LTE PDCP协议层功能

- PDCP SN大小7bit~15bit
- 数据传输
- 头压缩及解压缩
- 加密和完整性保护
- 按序递交以及去重
- 基于RLC AM模式的PDCP 重建
- 小区切换重传
- 重排序
- 丢弃定时器
- PDCP状态报告

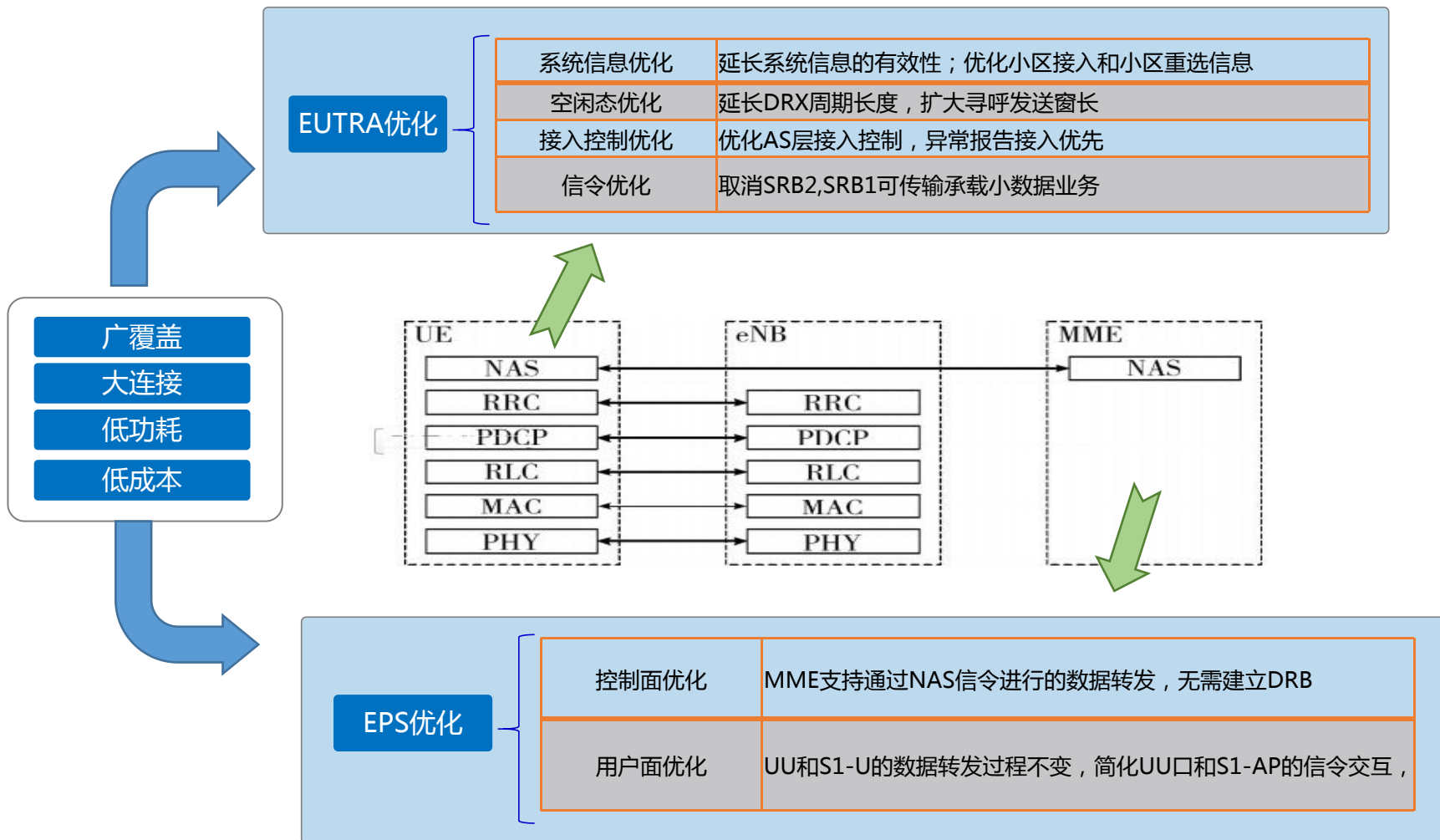


NB-IoT PDCP协议层功能

- PDCP SN大小为7bit或更小
- 数据传输
- IP数据头压缩及解压缩 (ROHC)
- 加密和完整性保护
- PDCP重建 (for the UP solution)
- PDUs按序递交以及SDUs的去重
- 丢弃定时器

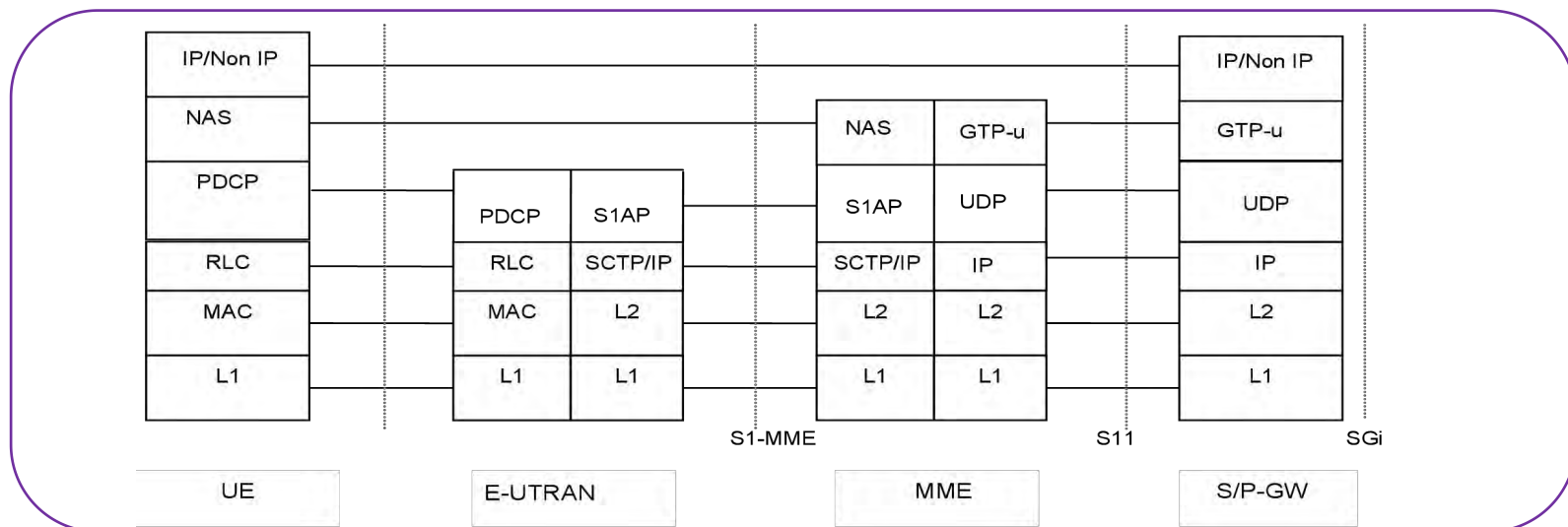
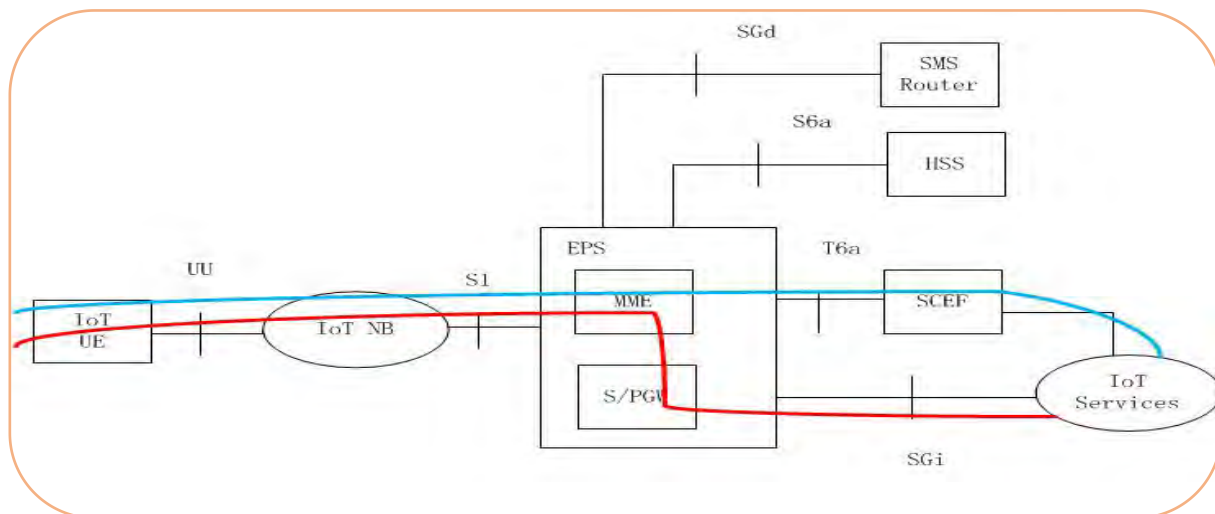
- ✘ 基于RLC AM模式的切换重传
- 重排序
- PDCP状态报告

NB-IoT HL的优化



NB-IoT数据传输新模式——CP 模式

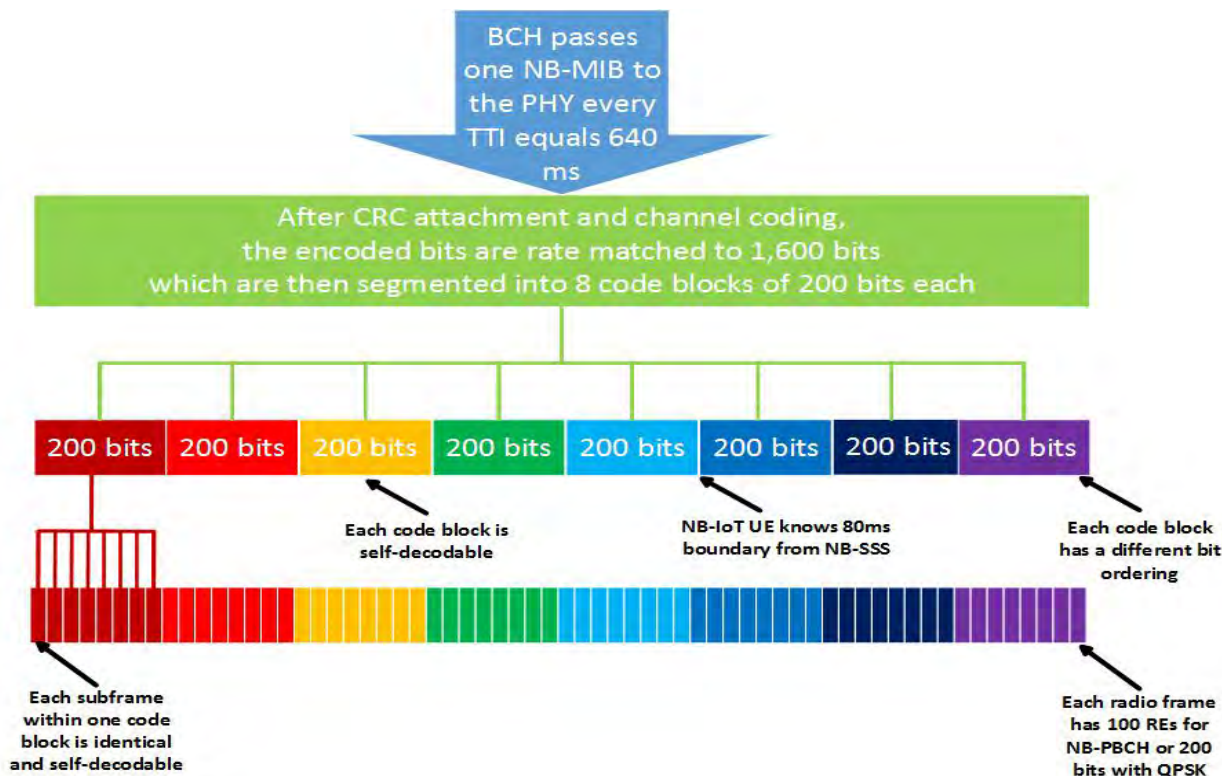
- MME承担了数据转发功。
- 支持IP/NonIP数据传输
- PDN to SCEF 只支持NonIP数据传输
- 无需DRB,没有S1-U
- 减少信令开销



信令传输数据是NB-IoT的关键变革!

NPBCH广播信道的新特点

- NPBCH与LTE PBCH的主要区别：
 - NPBCH的周期拉长为640ms (LTE为40ms)
 - MIB payload bit增至34bit (LTE24bit)
 - 引入了重复发送的机制



通过NB-MIB主要指示：

- ✓ 部署模式
- ✓ 系统帧号
- ✓ SIB1的调度信息
- ✓ 系统信息value tag

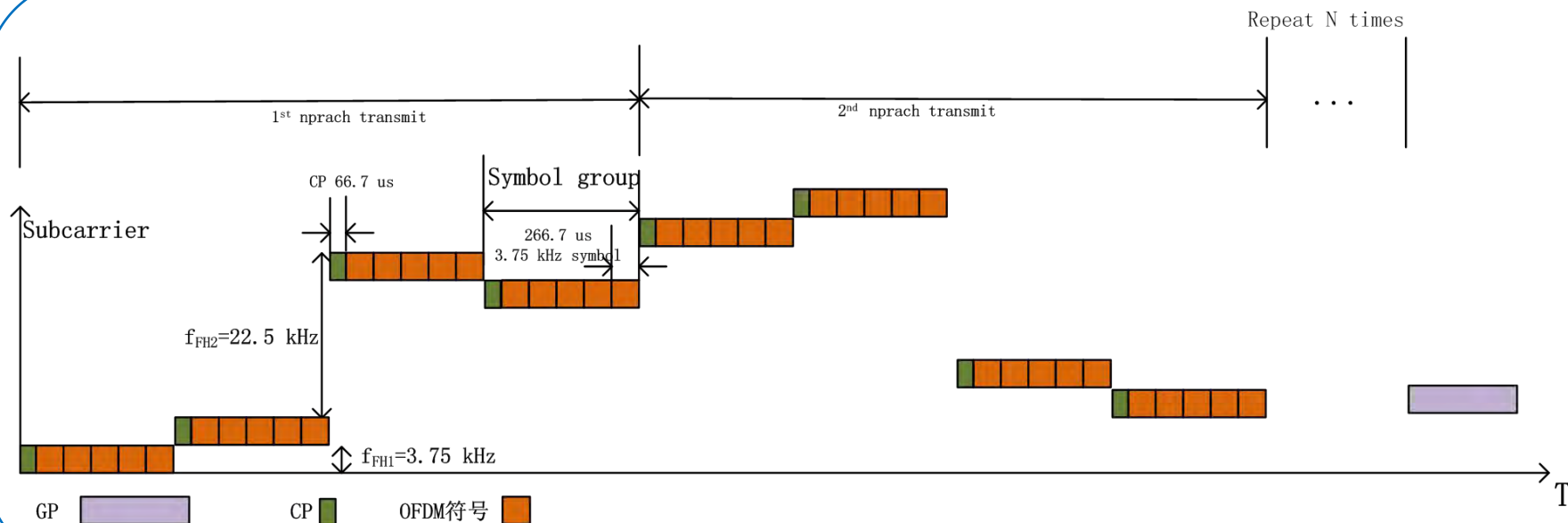
NB-IoT NPRACH的新特点

LTE PRACH

- ✓ 多子载波传输（中间6个PRB）
- ✓ 子载波间隔为1.25kHz
- ✓ Preamble为正交的ZC序列，频域映射
- ✓ 无跳频
- ✓ 不支持重复发送

NB-IoT NPRACH

- ✓ 单子载波传输
- ✓ 子载波间隔为3.75kHz
- ✓ 使用全1序列，时域映射
- ✓ 跳频传输
- ✓ 覆盖增强：支持重复发送



NB-IoT NPRACH

- 基站可配置最多三组重复等级以及每组重复等级的RSRP门限，通过SIB2广播：
 - 重复次数(3 bits): {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}
 - 周期(3 bits): 40ms~2560ms, 周期内尝试接入1次
 - 起始时间(3 bits)
 - 频带: 起始子载波(3 bits) + 子载波数(2 bits): {12, 24, 36, 48}
- 终端根据RSRP门限选择合适的重复等级进行随机接入
- R13 NB-IoT只支持竞争的随机接入, 过程与LTE相同

随机接入是影响覆盖的关键信道

NPDSCH下行传输信道的新特点

- 与LTE PDSCH相比，NB-IoT下行设计主要考虑降低终端处理的复杂度，以及覆盖增强

	NPDSCH	LTE PDSCH
编码方式	TBCC	Turbo
调制方式	QPSK	BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
HARQ	单进程	多进程
天线端口数	1、2	1、2、4、8
传输模式	单端口/SFBC，相当于LTE TM1、TM2（2端口）	TM1~TM9
频域资源分配	不支持单子帧多用户传输	支持单子帧多用户传输
重复发送	支持，最多2048次	不支持

目录

3

基站设备原型与终端芯片设计

终端芯片方案设计：终端芯片成本分析

- 基准假设：
 - *single-band*
 - *single-RAT*
 - 20MHz带宽
 - *category 1 UE*
- RF与基带分别占*modem*成本的40%和60%
- RF部分：
 - PA: 25-30%
 - 滤波器: 5-10%
 - RF *transceiver* (包括LNA、*mixer*和LO) : 40-50%
 - Duplexer/Switch: 15-25%
 - Other: 0-10%



中国电子顶级开发网

终端芯片方案设计



中国电子顶级开发网

基于BB+AP的处理方案

- ◆ 整体采用低主频MCU方式设计
- ◆ 基带采用协处理器+MCU完成，运算量需求不超过100MIPS
 - ◆ 下行信道的累计相关协处理器单元
 - ◆ Viterbi协处理器
- ◆ AP采用单核或多核方案（Cortex-M0/M4为主流）
- ◆ RF支持单模或多模（例如GSM/NB/LTE-M）

典型方案：

方案一：NB-IoT 芯片集成了 BB、AP、Flash 和电池管理，并预留传感器集成功能。其中 AP 包含三个 ARM-M0 内核，每个 M0 内核分别负责应用、安全、通信功能，这样在方便进行功能管理的同时降低成本和功耗。搭载LiteOS嵌入式物联网操作系统。

方案二：采用BB+AP方式处理，其中AP采用CK802，一种2级低成本流水线，单发射按序执行、内置JAVA加速的32/16bit RISC处理器，支持yunOS。

方案三：支持2G、NB-IoT双模，可以通过软件升级支持最新的3GPP R14标准。另一款则支持eMTC、NB-IoT和GPRS的三模。均基于原GSM Modem片升级而成。

方案四：XMM 7315，支持 LTE Category M和NB-IoT两种标准，单一芯片集成了LTE 调制解调器和 IA 应用处理器。通过通用X86处理Pentium完成协议栈与应用处理。

EETOP物联网论坛：NB-IoT设计及测试技术研讨会（2017.7.24，北京）

终端芯片方案设计：终端基带成本分析

- 基带部分：
 - ADC/DAC: 10%
 - FFT/IFFT: 5%
 - Post-FFT数据缓存: 10-15%
 - 接收处理模块: 20-35%
 - Turbo/Viterbi译码: 5-15%
 - HARQ缓存: 10-15%
 - 同步/小区搜索模块: 10-15%
 - 上行处理模块: 5-10%
 - MIMO处理模块: 5-15% (NB-IoT不需要, 但需要支持 Diversity)

NB-IoT终端设计思想：低速率、低功耗、低带宽

低速率：无需大缓存，信号处理要求配置较低；

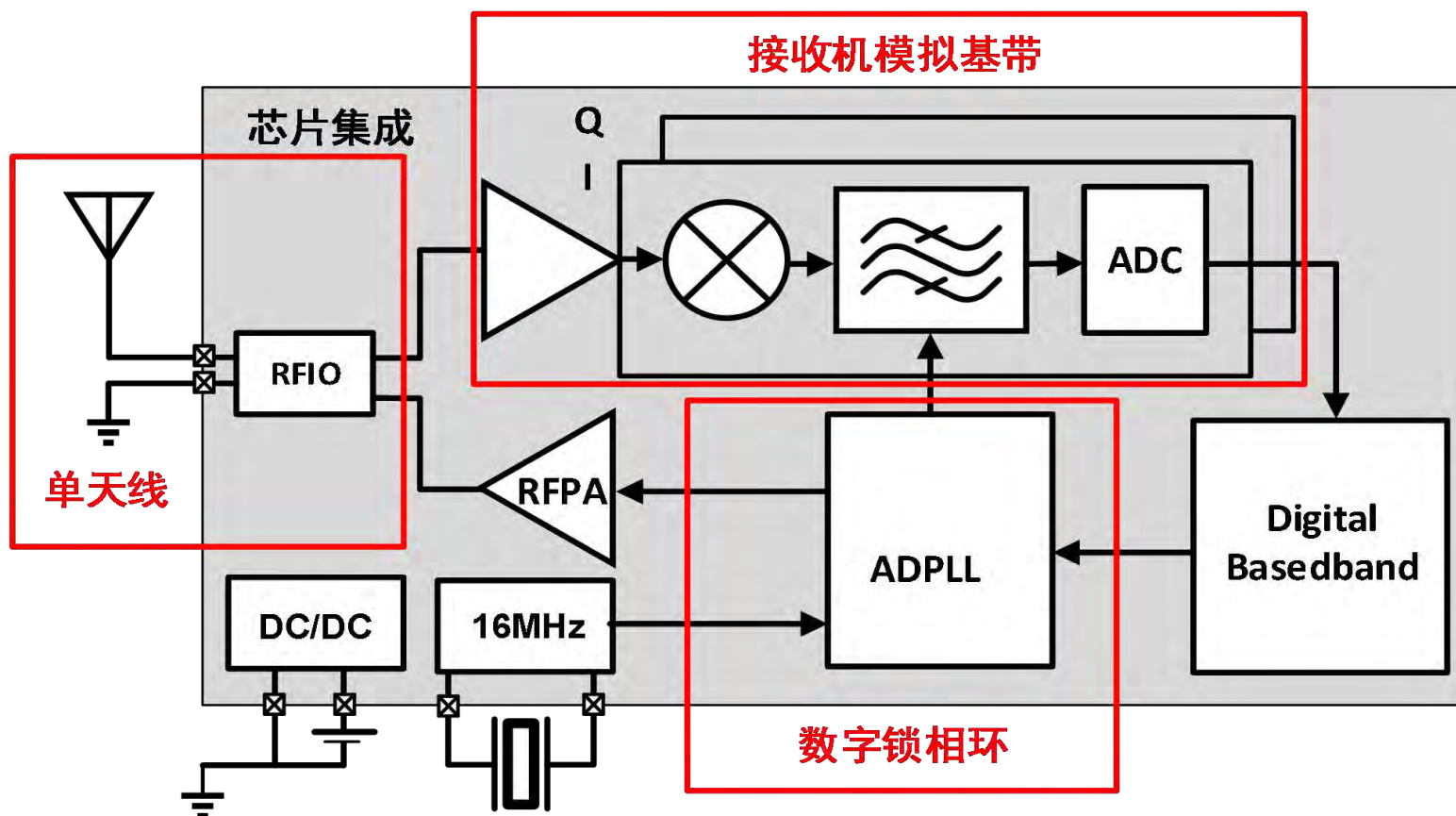
低功耗：RF 设计要求低，通常采用内置PA；

低带宽：信号处理方法简单，可以采用简化算法，无需先进算法；

终端芯片方案设计：射频前端

关键模块：射频前端、混频器、功放、ADC；

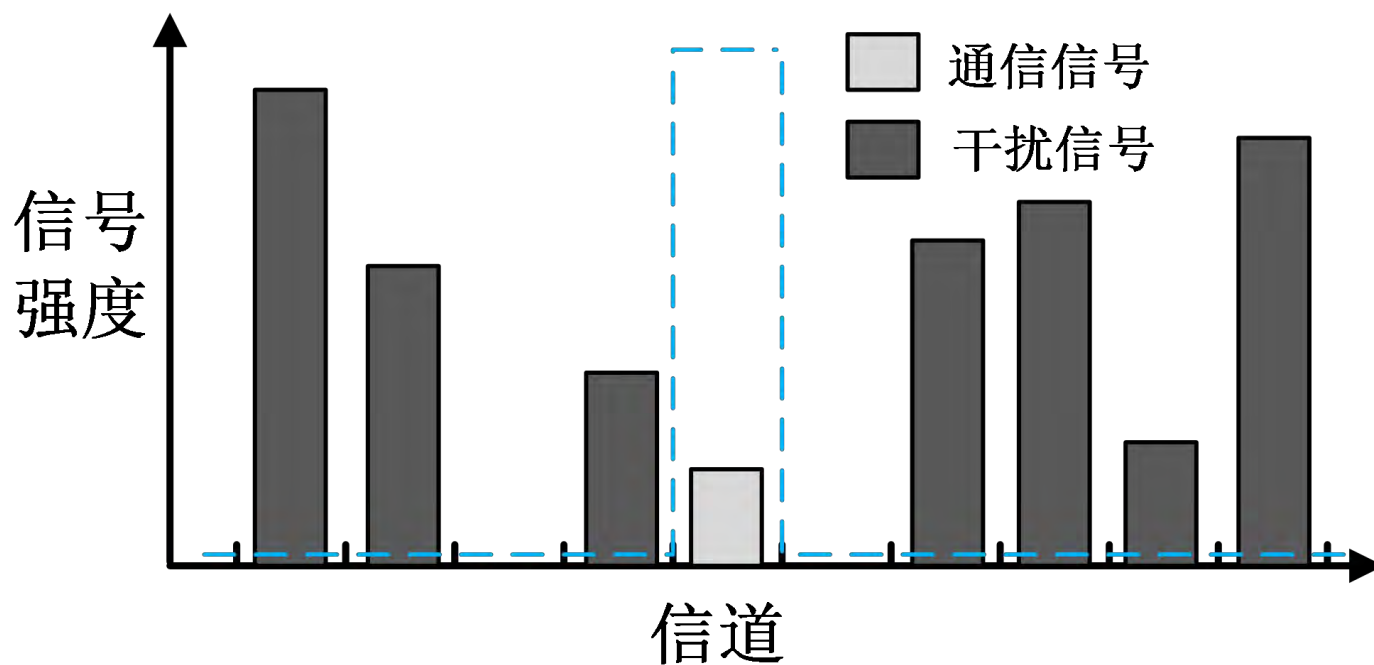
性能指标：接收灵敏度-112dBm、传输200byte，消耗能量小于0.7J；



终端方案设计：射频前端滤波器设计

抗干扰高灵敏度

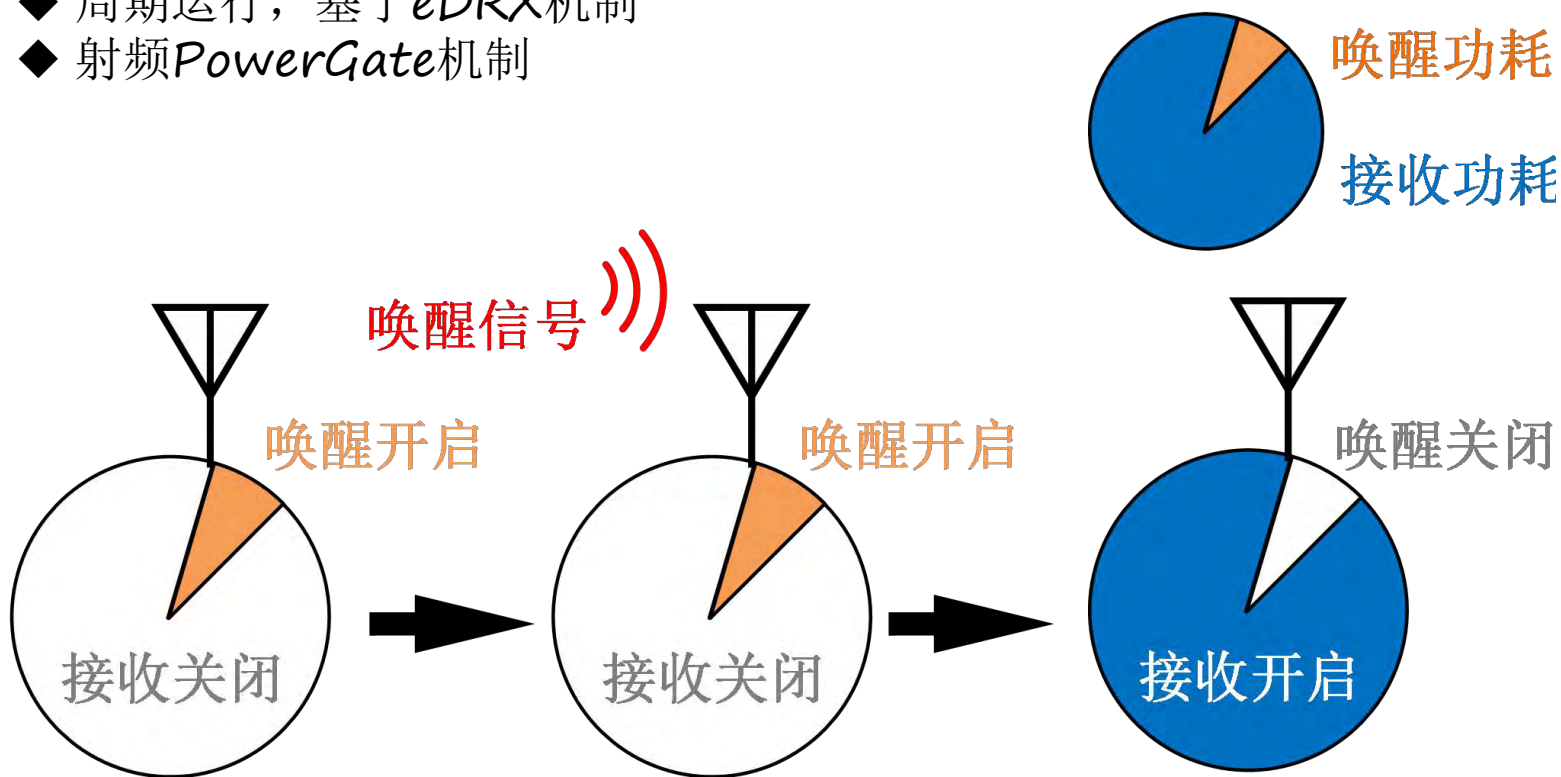
- ◆ 窄带通信
- ◆ 零中频与低中频
- ◆ 可配置射频滤波器



终端方案设计：基于eDRX的唤醒接收机设计

唤醒接收机：

- ◆ 低带宽唤醒信号
- ◆ 高灵敏度低功耗唤醒模块
- ◆ 周期运行，基于eDRX机制
- ◆ 射频PowerGate机制



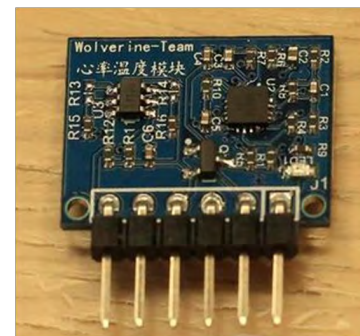
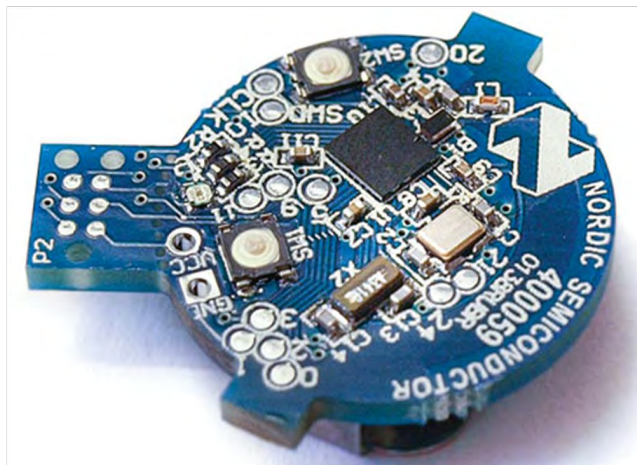
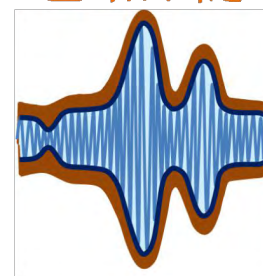
EETOP

终端方案设计：基于内置集成PA的设计方案

低成本低功耗

- ◆ 较少片外器件
- ◆ 高效率射频功放: (包络跟随、预失真技术)
- ◆ 单天线

包络跟随



EETOP

中国电子顶级开发网

基站系统设计方案：



中国电子顶级开发网

基于LTE FDD方案改进

- ◆ 按照RRU+BBU模式设计
- ◆ RRU将混合支持LTE/LTE-eMTC/GSM/NB-IoT
- ◆ BBU则基于统一LTE平台架构

目录

4

NB-IoT一些特点与测试问题的解决

江苏电信NB-IoT的测试结果

- 同覆盖范围，NB信号比C网信号平均好21.5dB，比L网平均好32.2dB
- NB有速率的临界距离为2km
- 楼宇场景，近、中、远点NB基本全覆盖，L网中、远点基本无覆盖，C网远点基本无覆盖
- 地下室场景，基本所有近、中、远点NB信号均不佳，基本无法覆盖
- 电梯场景，基本所有中、远点NB信号均不佳，有效覆盖距离300米
- 水电表场景，近、中点NB信号良好，远点信号不佳，有效覆盖距离600米

核心：NB-IoT的覆盖没有想象中的好！

江苏电信NB-IoT的测试结果 (1)



中国电子顶级开发网

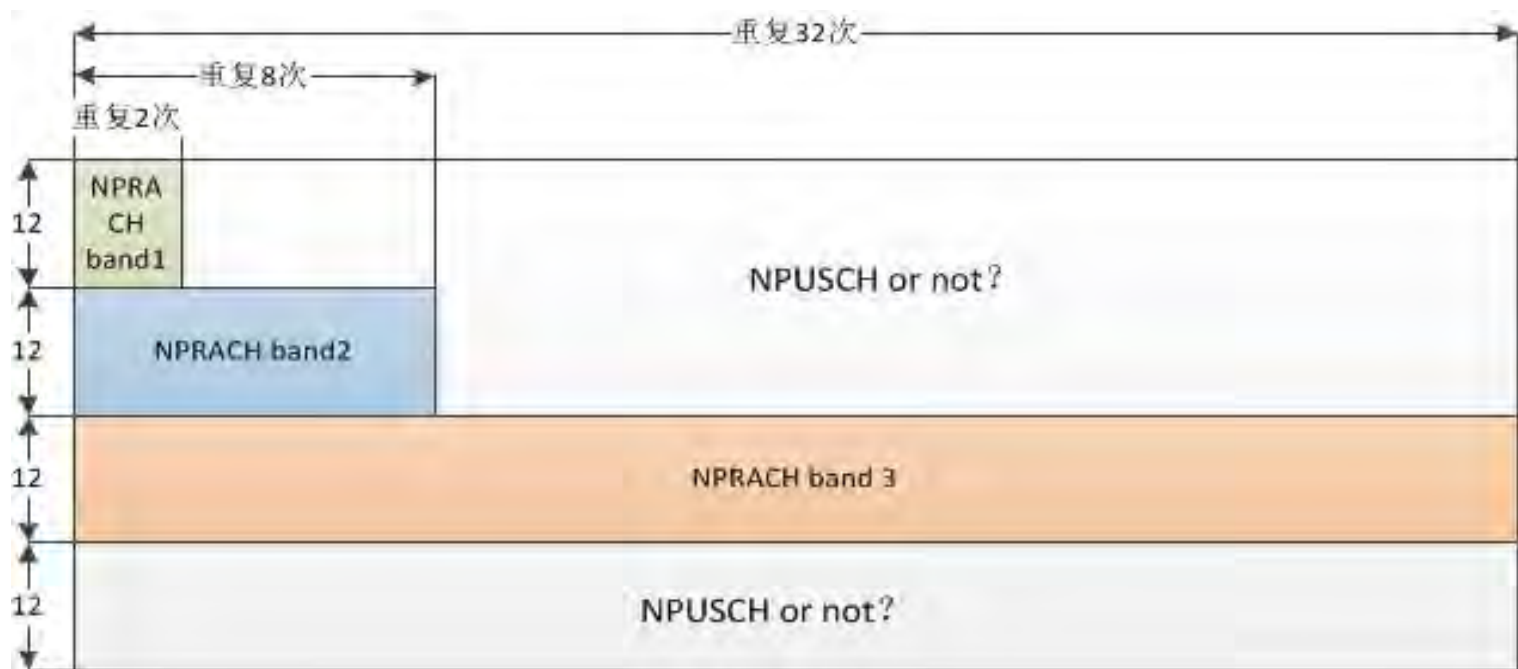


NB-IoT覆盖增强方法

- 通过物理层重复发送与重复接收解决
 - 综合考虑资源分配与功率分配方案
 - 与终端接收机设计相关
 - 与终端PA设计方案相关
 - 与终端的同步方案相关
- 通过基站调度算法解决
 - 上行接入与上行通信的互相干扰问题
 - 终端低功耗调度问题

NB-IoT NPRACH与NPUSCH互干扰

- 在NPRACH子帧上需要同时调度NPUSCH



NB-IoT省电方法

- 基于eDRX
- 通过基站的省电调度
- 基于终端非重复传输状态下的自主功耗
- 芯片自身的低功耗设计

谢谢大家！



中国电子顶级开发网