

NB-IOT 测试验证解决方案

1. 总体介绍

NB-IOT 矢量信号发生器/NB-IOT 矢量信号分析仪是上海众执芯信息科技有限公司 (ZoXtech) 基于 NI 软件无线电平台推出的一款拥有完整自主知识产权的针对 NB-IOT (3GPP LTE R13) 物理层协议和算法的测试验证解决方案。其主要架构包括硬件射频处理,中频信号调理、数模转换,基带数字信号处理等模块。其中矢量信号发生器按照 3GPP 协议设计,包含了 3GPP 协议规定 NB-IOT 的完整功能,包括物理层信道、物理信号、帧格式设计[1],各信道编解码设计^[2],以及基站、终端的物理层交互过程^[3];而矢量信号分析仪则实现了对标准 RF 信号各物理信道解调、译码、解析和一些关键信号指标,诸如 EVM、RSRP 等的测量。

产品支持的特性包括:

- ▶ 支持 NB-IOT 物理层完整收发协议,支持各物理信道、物理信号的发送和解调;
- 按照完整接收机流程。实现了从同步到广播信道盲检、各控制信道盲检、信息解析, 再到数据信道解调译码等完整过程;上行处理流程中实现了随机接入检测,根据调 度信息进行上行数据信道的解调和测量。
- 对信号调理、时频同步、信道估计、信道均衡、译码检测等关键算法进行了优化并 验证;
- 矢量信号发生器同商用仪表进行过充分的数据比对,矢量信号分析仪实现了对商用基站信号的完整解析;
- ▶ 支持多用户发送、单用户接收;支持完整 HARQ 过程;各用户的 MCS 按照 TTI 灵活可配置,可模拟 MAC 调度;
- ▶ 典型的 RF 参数的测量、统计结果输出;
- ▶ 友好的用户界面实现各种默认的配置模式

2. 主要特性

2.1. 发射机

矢量信号发生设备按照 LTE Release 13 完整实现 NB-IOT 的信号生成。其中主要包括基站测下行信号的生成以及终端测上行信号的生成。其中,基站测的信号生成包括多用户下行数据的组帧和发送,而终端测的上行信号则仅考虑单用户的发送。

NB-IOT 的上下行物理层信号和信道如下图所示。



	Physical Channel	Relationship with LTE
Downlink	NPSS	New sequence for fitting into one PRB (LTE PSS overlaps with middle 6 PRBs) All cells share one NPSS (LTE uses 3 PSSs)
	NSSS	 New sequence for fitting into one PRB (LTE SSS overlaps with middle 6 PRBs) NSSS provides the lowest 3 least significant bits of system frame number (LTE SSS does not)
	NPBCH	640 ms TTI (LTE uses 40 ms TTI)
	NPDCCH	 May use multiple PRBs in time, i.e. multiple subframes (LTE PDCCH uses multiple PRBs in frequency and 1 subframe in time)
	NPDSCH	Use TBCC and only one redundancy version (LTE uses Turbo Code with multiple redundancy versions) Use only QPSK (LTE also uses higher order modulations) Maximum transport block size (TBS) is 680 bits. (LTE without spatial multiplexing has maximum TBS greater than 70000 bits, see [9]) Supports only single-layer transmission (LTE can support multiple spatial-multiplexing layers)
Uplink	NPRACH	 New preamble format based on single-tone frequency hopping using 3.75 kHz tone spacing (LTE PRACH occupies 6 PRBs and uses multi-tone transmission format with 1.25 kHz subcarrier spacing)
	NPUSCH Format 1	 Support UE bandwidth allocation smaller than one PRB (LTE has minimum bandwidth allocation of 1 PRB) Support both 15 kHz and 3.75 kHz numerology for single-tone transmission (LTE only uses 15 kHz numerology) Use π/2-BPSK or π/4-QPSK for single-tone transmission (LTE uses regular QPSK and higher order modulations) Maximum TBS is 1000 bits. (LTE without spatial multiplexing has maximum TBS greater than 70000 bits, see [9]) Supports only single-layer transmission (LTE can support multiple spatial-multiplexing layers)
	NPUSCH Format 2	New coding scheme (repetition code) Use only single-tone transmission

从上表可以看出, NB-IOT 上下行包括如下几个信道

- 1. NPSS、NSSS 作为同步信号的发送,用于下行小区搜索和时频同步。
- 2. NPBCH 信道承载了 NB-IOT 小区的系统消息, 其消息的更新周期为 640ms
- 3. NPDCCH同LTE一样采用多用户复用的方式,不同用户使用搜索空间的不同候选消息。
- 4. NPDSCH 用户传输下行数据信道,其使用一种 RV 值进行 HARQ 过程,并仅发送 QPSK 及小块长的数据包,仅支持单层传输(单天线发送或双天线发射分集)。最大支持数据 块为 640 比特。
- 5. 上行使用 NPRACH 信道作为上行随机接入信道,该信道使用单频点跳频的方式。支持 3.75kHz 和 1.25kHz 两种载波间隔。
- 6. 支持两种 NPUSCH 信道格式,包括 Format1 和 Format2。支持小于 1 个 RB 的 UE 上行 带宽分配,支持两种载波间隔以及两种调制方式。最大支持的数据块为 1000 比特。

2.2. 接收机

矢量信号分析设备一般设计为对某一条物理信道进行检测和测量。例如对下行窄带数据共享信道 NPDSCN 的检测和测量,而解调该信道所需的 MCS 方式、资源分配等信息则预先已知并通过配置实现。然而,当需要对整个接收机流程进行评估或者需要对实际 RF 信号进行侦听的情况下,就需要实现接收机的对各物理层信道、信号的盲检和解析。

其流程大体包括: 1) 终端首先进行小区搜索和时频同步得到时频信息,小区 ID; 2) NPBCH 广播信道盲检测,得到带宽、SFN、天线端口等信息; 3) 解调 SIB 消息得到接入信息、广播信息¹; 4) NPRACH 的上下行过程,得到 RNTI 等信息²; 5) 控制信道检测,根据广播消息进行 NPDCCH 盲检, NPDCCH 盲检将各种 RNTI 类型以及搜索空间类型,遍历搜索空间,聚合等级、三种 DCI 类型等得到盲检结果,通过对其解析得到承载 NPDSCH 的各种解调参数,包括 NPDSCH 延时,重复次数,MCS等; 6) 数据共享信道 NPDSCH 的解调。

因此, 矢量信号分析仪目前除少量 RRC 信令相关的目前暂时需要配置以外, 其他接收流程都实现了完整支持, 每条物理信道也实现了解调、译码、信息解析、测量完整过程。

¹ 该过程的解调暂不支持,使用预先已知信息进行配置

² 扇 1



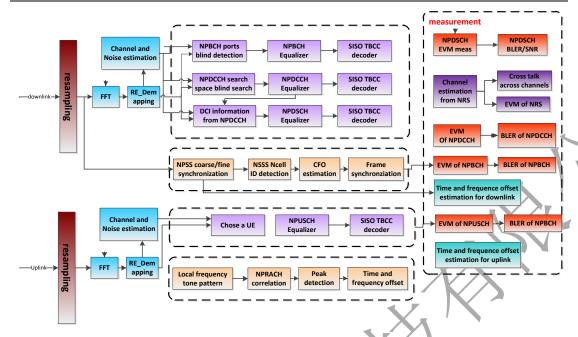


图 1 矢量信号分析仪基带处理部分的处理架构

上行接收机链路包含了 UE 窄带随机接入信道 NPRACH 的检测。以及两种格式的 NPUSCH 的检测。

上下行检测和发送也实现了关联性。例如基站测对于 UE 动态调度信息,通过下行 DCI formatN0 进行发送。终端接收部分的 NPDCCH 盲检得到该信息。从而在上行相应子帧发送满足该调度信息的 NPUSCH 信道。

3. 当前支持的功能列表

具体描述	完成度
3GPP R13 FDD	OK
支持协议规定多种 NB-IOT 部署方式的发送和接收	OK
各个用户参数独立设置	OK
支持协议规定的所有的类型,查表得到	OK
支持所有 UE 状态(不同的 RNTI 类型)下的发送模式选择 和检测	OK
根据仪器配置实现固定 pattern 调度。其中资源调度, MCS 确定及 DCI 消息发送和解析都遵照协议完整实现	OK
NRS 参考信号的发送和解调	OK
上行用户级参考信号 DMRS 参考信号的发送和解调	OK
NPSS、NSSS、NPBCH、NPDCCH、NPDSCH、NPUSCH、NPRACH	OK
实现方式	完成度
重采样、滤波、IQ 补偿、DC offset 补偿	OK
 PSS 时域互相关 SSS 频域互相关检测 频偏估计与补偿 精同步、同步跟踪 	OK
	支持协议规定多种 NB-IOT 部署方式的发送和接收各个用户参数独立设置支持协议规定的所有的类型,查表得到支持所有 UE 状态(不同的 RNTI 类型)下的发送模式选择和检测根据仪器配置实现固定 pattern 调度。其中资源调度,MCS确定及 DCI 消息发送和解析都遵照协议完整实现NRS 参考信号的发送和解调上行用户级参考信号 DMRS 参考信号的发送和解调L行用户级参考信号 DMRS 参考信号的发送和解调NPSS、NSSS、NPBCH、NPDCCH、NPDSCH、NPUSCH、NPRACH实现方式 重采样、滤波、IQ 补偿、DC offset 补偿 1) PSS 时域互相关 2) SSS 频域互相关检测 3) 频偏估计与补偿

版权所有





信道估计	 二维维纳滤波、2×1维维纳滤波 时频维线性插值 信道时频相关性参量估计 噪声功率估计 	ОК
信道均衡	频域均衡	OK
译码	咬尾卷积码:基于ML准则最优译码算法及基于循环迭代的 Viterbi 译码算法	OK
参数测量	载波级测量: RF 信号频谱; 各信道 EVM; 载波泄漏, 相位非理想, IQ 不平衡; 基带时频分布; 瞬时频率响应; DCI 盲检信息解析; 小区搜索信息等。	OK
收发机滤波器 设计	1) 矢量信号发生器采用变速率 HBF 滤波 2) 矢量信号分析仪采用高阶 FIR、低阶 IIR 滤波器实现同步信号的抽取; 3) 收发两端的 RRC 滤波器的实现	OK

4. 功能演进

目前支持 NB-IOT 物理层信号的完整收发。ZoXtech 正将收发系统进行如下演进:

- 按照协议演进进行后续更新
- 补充完整终端和基站测协议栈
- 软件平台移植到 FPGA 中,实现 NB-IOT 终端/基站模拟
- 软件平台移植到 USRP-RIO 中, 推出工具包

5. 市场和合作伙伴

[参考文献]

[1]. 3GPP 36.211 Release 13

[2]. 3GPP 36.212 Release 13

[3]. 3GPP 36.213 Release 13

版权所有 4/4 严禁复制