|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CN-logo | 文档编号： |  |
|  | 文档版本： | V0.0 |
|  | 密级： | 绝密机密秘密内部公开 |
|  | 页数： | 共页 |

技术文件

BWT-3800 eNB\_物理层性能报告

海能达通信股份有限公司

共 页

(包括封面)

修改记录

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 版本号 | 拟制人/  修改人 | 拟制/修改日期 | 更改理由 | 主要更改内容  （写要点即可） |
| 18A.0.0 | 洪晨 | 20180831 | 创建 |  |
| 18A.0.1 | 金玮萱 | 20181114 | 修订 | 1.增加FDD测试结果  2.更换FPGA版本，修复亚稳态情况 |
| 注1：每次更改归档文件时，需填写此表。  注2：版本号命名应遵循以下原则：  version.x.y,其中version为该报告对应的物理层算法版本号，x从0开始逐渐递增代表算法性能上的改动，如增加新的性能评估内容，修改之前错误的结论等，y从0开始逐渐递增代表文档编辑上的改动，不影响算法性能。  举例：  18A版本开发完成后输出性能报告命名为BWT-3800 eNB\_物理层性能报告\_18A.0.0；  因协议项仿真内容不全，需要补充内容后再次交付，新提交版本命名为BWT-3800 eNB\_物理层性能报告\_18A.1.0；  评审新提交的版本发现多处描述不清晰的地方，修改后再次提交版本命名为BWT-3800 eNB\_物理层性能报告\_18A.1.1；  由于项目需求，需要评估18A版本大覆盖场景性能，增加新的性能评估内容，提交版本命名为BWT-3800 eNB\_物理层性能报告\_18A.2.1；  注3：文件第一次归档时，“更改理由”、“主要更改内容”栏写“创建”。 | | | | |

目录

[1 概述 1](#_Toc526863545)

[1.1 内容摘要 1](#_Toc526863546)

[1.2 性能评估策略 2](#_Toc526863547)

[1.2.1 基本假设 2](#_Toc526863548)

[1.2.2 测试 3](#_Toc526863549)

[1.2.3 评估方法 4](#_Toc526863550)

[1.2.4 评估结论 4](#_Toc526863551)

[2 协议项性能 5](#_Toc526863552)

[2.1 PUSCH多径衰落信道解调性能 5](#_Toc526863553)

[2.1.1 基本信息 5](#_Toc526863554)

[2.1.2 仿真结果 5](#_Toc526863555)

[2.1.3 仿真结论 10](#_Toc526863556)

[2.2 PUSCH高速场景解调性能 18](#_Toc526863557)

[2.2.1 基本信息 18](#_Toc526863558)

[2.2.2 仿真结果 18](#_Toc526863559)

[2.2.3 仿真结论 19](#_Toc526863560)

[2.3 PUSCH发送HARQ-ACK的性能 20](#_Toc526863561)

[2.3.1 基本信息 20](#_Toc526863562)

[2.3.2 仿真结果 20](#_Toc526863563)

[2.3.3 仿真结论 21](#_Toc526863564)

[2.4 PUSCH干扰抑制接收机性能 22](#_Toc526863565)

[2.4.1 同步干扰场景 22](#_Toc526863566)

[2.4.2 异步干扰场景 23](#_Toc526863567)

[2.5 PUCCH DTX-to-ACK性能 24](#_Toc526863568)

[2.5.1 基本信息 24](#_Toc526863569)

[2.5.2 仿真结果 24](#_Toc526863570)

[2.5.3 仿真结论 25](#_Toc526863571)

[2.6 PUCCH ACK漏检性能 25](#_Toc526863572)

[2.6.1 基本信息 25](#_Toc526863573)

[2.6.2 仿真结果 26](#_Toc526863574)

[2.6.3 仿真结论 27](#_Toc526863575)

[2.7 PUCCH CQI解调性能 29](#_Toc526863576)

[2.7.1 参数配置 29](#_Toc526863577)

[2.7.2 仿真结果 29](#_Toc526863578)

[2.7.3 仿真结论 29](#_Toc526863579)

[2.8 PRACH虚检性能 30](#_Toc526863580)

[2.8.1 基本信息 30](#_Toc526863581)

[2.8.2 仿真结果 30](#_Toc526863582)

[2.8.3 仿真结论 31](#_Toc526863583)

[2.9 PRACH单用户检测性能 31](#_Toc526863584)

[2.9.1 基本信息 31](#_Toc526863585)

[2.9.2 仿真结果 31](#_Toc526863586)

[2.9.3 仿真结论 37](#_Toc526863587)

[2.10 协议项性能总结 38](#_Toc526863588)

[2.10.1 PUSCH 39](#_Toc526863589)

[2.10.2 PUCCH 39](#_Toc526863590)

[2.10.3 PRACH 39](#_Toc526863591)

[3 非协议项性能 40](#_Toc526863592)

[3.1 PUCCH Format 2a/b解调性能 40](#_Toc526863593)

[3.1.1 参数配置 40](#_Toc526863594)

[3.1.2 仿真结果 40](#_Toc526863595)

[3.1.3 仿真结论 40](#_Toc526863596)

[3.2 时偏估计与补偿性能 40](#_Toc526863597)

[3.2.1 PUSCH 40](#_Toc526863598)

[3.2.2 PUCCH 41](#_Toc526863599)

[3.3 频偏估计与补偿性能 41](#_Toc526863600)

[3.3.1 PUSCH 41](#_Toc526863601)

[3.3.2 PUCCH 41](#_Toc526863602)

[3.4 SNR估计与等效SNR上报 42](#_Toc526863603)

[3.4.1 PUSCH 42](#_Toc526863604)

[3.4.2 PUCCH 42](#_Toc526863605)

[3.4.3 PRACH 43](#_Toc526863606)

[3.5 抗干扰特性 43](#_Toc526863607)

[3.5.1 参数配置 43](#_Toc526863608)

[3.5.2 仿真结果 43](#_Toc526863609)

[3.5.3 仿真结论 43](#_Toc526863610)

[3.6 抗多普勒扩展特性 43](#_Toc526863611)

[3.6.1 PUSCH 43](#_Toc526863612)

[3.6.2 PUCCH 43](#_Toc526863613)

[3.7 抗时延扩展特性 44](#_Toc526863614)

[3.7.1 PUSCH 44](#_Toc526863615)

[3.7.2 PUCCH 44](#_Toc526863616)

[3.8 多天线特性 44](#_Toc526863617)

[3.8.1 PUSCH 44](#_Toc526863618)

[3.8.2 PUCCH 44](#_Toc526863619)

[3.8.3 PRACH 45](#_Toc526863620)

[3.9 PUSCH小RB解调 45](#_Toc526863621)

[3.9.1 参数配置 45](#_Toc526863622)

[3.9.2 仿真结果 45](#_Toc526863623)

[3.9.3 仿真结论 45](#_Toc526863624)

[3.10 PUSCH的DTX检测 45](#_Toc526863625)

[3.10.1 参数配置 45](#_Toc526863626)

[3.10.2 仿真结果 45](#_Toc526863627)

[3.10.3 仿真结论 45](#_Toc526863628)

[3.11 多用户场景 45](#_Toc526863629)

[3.11.1 PUSCH 45](#_Toc526863630)

[3.11.2 PUCCH 46](#_Toc526863631)

[3.11.3 PRACH 46](#_Toc526863632)

[3.12 高速场景 46](#_Toc526863633)

[3.12.1 PUSCH 46](#_Toc526863634)

[3.12.2 PUCCH 47](#_Toc526863635)

[3.12.3 PRACH 47](#_Toc526863636)

[3.12.4 UE级频偏估计 47](#_Toc526863637)

[3.13 版本特性 47](#_Toc526863638)

[3.13.1 32Ts定时提前特性 47](#_Toc526863639)

[3.14 非协议项性能总结 48](#_Toc526863640)

[4 附录 49](#_Toc526863641)

[4.1 测试参数配置定义 49](#_Toc526863642)

[4.1.1 系统参数 49](#_Toc526863643)

[4.1.2 参考信道参数 51](#_Toc526863644)

[4.1.3 无线传播参数 56](#_Toc526863645)

[4.1.4 历史版本与算法报告 60](#_Toc526863646)

表目录

[表 1.2.1‑1 特性说明 1](#_Toc526863647)

[表1.2.4‑1系统参数配置 5](#_Toc526863648)

[表2.1.2‑1 PUSCH多径衰落信道解调性能(1.4 MHz) 5](#_Toc526863649)

[表2.1.2‑2 PUSCH多径衰落信道解调性能（3 MHz） 6](#_Toc526863650)

[表2.1.2‑3 PUSCH多径衰落信道解调性能（5 MHz） 7](#_Toc526863651)

[表2.1.2‑4 PUSCH多径衰落信道解调性能（10 MHz） 8](#_Toc526863652)

[表2.1.2‑5 PUSCH多径衰落信道解调性能（15 MHz） 8](#_Toc526863653)

[表2.1.2‑6 PUSCH多径衰落信道解调性能（20 MHz） 9](#_Toc526863654)

[表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度QPSK调制EPA5信道仿真性能总结 11](#_Toc526863655)

[表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度16QAM调制EPA5信道仿真性能总结 11](#_Toc526863656)

[表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度64QAM调制EPA5信道仿真性能总结 12](#_Toc526863657)

[表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度QPSK调制EVA70信道仿真性能总结 13](#_Toc526863658)

[表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度16QAM调制EVA70信道仿真性能总结 14](#_Toc526863659)

[表 2.1.3‑1 PUSCH单RB调度QPSK调制EVA5信道仿真性能总结 14](#_Toc526863660)

[表 2.1.3‑1 PUSCH单RB调度16QAM调制EVA5信道仿真性能总结 15](#_Toc526863661)

[表 2.1.3‑1 PUSCH单RB调度64QAM调制EVA5信道仿真性能总结 16](#_Toc526863662)

[表 2.1.3‑1 PUSCH单RB调度QPSK调制ETU70信道仿真性能总结 17](#_Toc526863663)

[表 2.1.3‑1 PUSCH单RB调度QPSK调制ETU300信道仿真性能总结 18](#_Toc526863664)

[表2.2.2‑1 PUSCH高速场景解调性能 18](#_Toc526863665)

[表 2.3.1‑1 PUSCH HARQ-ACK性能测试基本系统参数配置 20](#_Toc526863666)

[表2.3.2‑1 PUSCH发送HARQ-ACK的性能 20](#_Toc526863667)

[表2.4.1‑1 PUSCH干扰抑制接收机性能 22](#_Toc526863668)

[表2.4.2‑1 异步干扰场景 23](#_Toc526863669)

[表2.5.2‑1 PUCCH DTX-to-ACK性能 24](#_Toc526863670)

[表2.6.2‑1 PUCCH ACK漏检性能 26](#_Toc526863671)

[表2.7.2‑1 PUCCH CQI解调性能 29](#_Toc526863672)

[表2.8.2‑1 PRACH虚检性能 30](#_Toc526863673)

[表2.9.2‑1 PRACH单用户检测性能（Format0） 32](#_Toc526863674)

[表2.9.2‑2 PRACH单用户检测性能（Format1) 33](#_Toc526863675)

[表2.9.2‑3 PRACH单用户检测性能（Format2) 34](#_Toc526863676)

[表2.9.2‑4 PRACH单用户检测性能（Format3) 36](#_Toc526863677)

[表2.9.2‑5 PRACH单用户检测性能（Format4) 37](#_Toc526863678)

[表3.1.2‑1 PUCCH Format 2a/b解调性能 40](#_Toc526863679)

[表4.1.1‑1 PUSCH多径衰落性能测试系统参数 49](#_Toc526863680)

[表4.1.1‑2 PUSCH高速场景性能测试系统参数 49](#_Toc526863681)

[表4.1.1‑3 PUSCH同步干扰场景性能测试系统参数 50](#_Toc526863682)

[表4.1.1‑4 PUSCH异步干扰场景性能测试系统参数 50](#_Toc526863683)

[表4.1.2‑1 PUSCH FRC参数(QPSK,1/3) 51](#_Toc526863684)

[表4.1.2‑2 PUSCH FRC参数(16QAM,3/4) 52](#_Toc526863685)

[表4.1.2‑3 PUSCH FRC参数(64QAM,4/5) 53](#_Toc526863686)

[表4.1.2‑4 PUSCH FRC参数(QPSK 0.36) 53](#_Toc526863687)

[表4.1.2‑5 PUSCH FRC参数(16QAM,1/2) 54](#_Toc526863688)

[表4.1.2‑6 Test preambles for Normal Mode 55](#_Toc526863689)

[表4.1.2‑7 Test preambles for High speed Mode 55](#_Toc526863690)

[表4.1.2‑8 Test parameters for multi user PUCCH case 55](#_Toc526863691)

[表4.1.3‑1 高速场景测试参数 56](#_Toc526863692)

[表4.1.3‑2 EPA 多径时延扩展 57](#_Toc526863693)

[表4.1.3‑3 EVA 多径时延扩展 58](#_Toc526863694)

[表4.1.3‑4 ETU多径时延扩展 58](#_Toc526863695)

[表4.1.3‑5 IVA多径时延扩展 59](#_Toc526863696)

[表4.1.3‑6 eNodeB天线相关性矩阵 59](#_Toc526863697)

[表4.1.3‑7 UE天线相关性矩阵 59](#_Toc526863698)

[表4.1.3‑8 天线相关性参数 60](#_Toc526863699)

图目录

[图 1.2‑1 测试方法及配置参数 3](#_Toc526863755)

[图 4.1‑1 PUSCH的编码流程示意图 51](#_Toc526863756)

[图 4.1‑2 异步干扰示意图 60](#_Toc526863757)

缩略词表

|  |  |
| --- | --- |
| ACK | Acknowledgement (in HARQ protocols) |
| AWGN | Additive White Gaussian Noise |
| BS | Base Station |
| CP | Cyclic prefix |
| CRC | Cyclic Redundancy Check |
| DFT | Discrete Fourier Transformation |
| DIP | Dominant Interferer Proportion |
| DTX | Discontinuous Transmission |
| DwPTS | Downlink part of the special subframe (for TDD operation) |
| EPA | Extended Pedestrian A model |
| ETU | Extended Typical Urban model |
| EVA | Extended Vehicular A model |
| EVM | Error Vector Magnitude |
| FDD | Frequency Division Duplex |
| FFT | Fast Fourier Transformation |
| FRC | Fixed Reference Channel |
| GP | Guard Period (for TDD operation) |
| HARQ | Hybrid Automatic Repeat Request |
| ITU R | Radio Communication Sector of the ITU |
| IVA | ITU Vehicular A model |
| MCS | Modulation and Coding Scheme |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplex |
| PBCH | Physical Broadcast Channel |
| PDCCH | Physical Downlink Control Channel |
| PDSCH | Physical Downlink Shared Channel |
| PUSCH | Physical Uplink Shared Channel |
| PUCCH | Physical Uplink Control Channel |
| PRACH | Physical Random Access Channel |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation |
| QPSK | Quadrature Phase-Shift Keying |
| RB | Resource Block |
| RE | Resource Element |
| RF | Radio Frequency |
| RS | Reference Symbol |
| RX | Receiver |
| SINR | Signal-to-Interference-and-Noise Ratio |
| SNR | Signal-to-Noise Ratio |
| TA | Timing Advance |
| TDD | Time Division Duplex |
| TX | Transmitter |
| UE | User Equipment |

中英文对照表

|  |  |
| --- | --- |
| 英文 | 中文 |
| Doppler Spread/Shift/Spectrum | 多普勒扩展/频移/谱 |
| False Alarm | 虚检 |
| Frame/subframe | 帧/子帧 |
| Fixed Reference Channel | 固定参考信道 |
| High Speed Train | 高速场景 |
| Maximum throughput/ Fraction of maximum throughput | 最大吞吐量/归一化吞吐量 |
| Miss Detection | 漏检 |
| Multi-path delay profile | 多径时延谱 |
| Normal/Extended CP | 正常/扩展CP |
| Propagation condition | 传播信道 |
| Rayleigh fading/Fading | 瑞利衰落/衰落 |
| synchronous/asynchronous | （时间）同步/异步 |
| Time/Frequency Offset | 时/频偏 |

测试参数配置

为能够更好地比较不同版本之间的物理层性能（包括协议项与非协议项），需要定义一些典型的测试场景及其对应的3类配置参数。协议项的测试与配置本报告严格遵守[1]中的定义；非协议项的测试，尽可能地沿用[1]中所使用的方法。为了便于后续章节的描述，现将这些测试参数配置的缩写列于表1至表2中。**注意**，这里只定义这些参数配置的缩写，其具体定义详见第6章。

* 系统参数配置：

|  |  |
| --- | --- |
| 表1系统参数配置 | |
| 系统参数配置缩写 | 定义 |
| PUSCH\_General | PUSCH基本测试的系统配置参数，包括HARQ模式，TDD配比等，具体参数定义见第4.1.1小节和表4.1.1‑1。 |
| PUSCH\_HST | PUSCH高速场景测试的系统配置参数，具体参数定义见第4.1.1小节和表4.1.1‑2。 |
| PUSCH\_IRC\_syn | PUSCH同步干扰测试的系统配置参数，具体参数定义见第4.1.1小节和表4.1.1‑3。 |
| PUSCH\_IRC\_asyn | PUSCH异步干扰测试的系统配置参数，具体参数定义见第4.1.1小节和表4.1.1‑4。 |
|  | Number of Transmit/ Receive Antennas,发送/接收端天线数 |
| 注意：PUSCH\_IRC\_syn与PUSCH\_IRC\_asyn两个系统参数配置中包含了干扰功率的配置，虽然在本报告认为干扰功率为无线传播参数，但对于协议项的测试本报告依然遵从[1]中的定义。其它测试项如果需要进行干扰性能的评估，可以只使用PUSCH\_IRC\_syn与PUSCH\_IRC\_asyn来定义系统参数配置，另外以传播参数的形式来定义干扰信号的功率。 | |

* 参考信道参数配置：

|  |  |
| --- | --- |
| 表2参考信道参数配置 | |
| 参考信道参数配置缩写 | 定义 |
| PRACH\_Normal | PRACH基本测试的参考信道参数配置，包括preamble序列，Ncs配比等，具体参数定义见第4.1.2小节。 |
| PRACH\_HST | PRACH高速场景测试的参考信道配置，具体参数定义见第4.1.2小节。 |
| PUCCH\_4UE | PUCCH多用户测试的信道参数配置，包括资源分配、相对功率等，具体参数定义见第4.1.2小节。 |

* 无线传播参数配置缩写：

典型的无线传播参数由多径扩展模型、最大多普勒频率、天线相关性、频率偏移、定时偏移等物理量组成，沿用3GPP的缩写方式，我们将描述信道时延扩展和多普勒扩展的参数缩写为XXXnum，如ETU70，我们在本报告中将其称为传播信道。无线传播参数所涉及的各物理量的定义如表3所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 表3 无线传播参数配置缩写 | |
| 缩写 | 定义 |
| XXX | 多径扩展模,取值为ETU/EVA/EPA/IVA/AWGN。无默认值，必须定义。 |
| num | 最大多普勒频率，单位是Hz，默认值为0。 |
| FO | 频率偏移，单位是Hz，默认值为0。 |
| TO | 定时偏移，单位是Ts。TO取负值代表定时超前，取正值代表定时延迟，默认值为0。 |
| L/M/H | 用来表示天线相关性，含义分别为Low/Medium/High lever correlation，默认值为L。 |

本报告中的所有测试的无线传播参数中需要包括对上述物理量的描述，如没有进行描述，则认为该物理量取默认值。一些无线传播参数中包含的其它物理量，如速度，干扰信号功率等，由于不具备通用性，只在必要的测试中进行描述，如没有进行描述，则认为该测试与这些物理量无关。

参考文献

1. 3GPP TS 36.104 v14.5.0, Base Station (BS) radio transmission and reception.
2. 基于LTE技术的城市轨道交通车地通信综合承载测试规范，第一分册：实验室测试规范.
3. 3GPP TS 36.211 v10.4.0, Physical channels and modulation.
4. 3GPP TS 36.212 v10.4.0, Multiplexing and channel coding.
5. 3GPP TS 36.213 v10.4.0, Physical layer procedures.

# 概述

## 内容摘要

本报告是对18A版本算法性能的分析评估，评估内容分为两方面：

协议项性能：协议（36.104/36.141)基本需求项性能评估；

非协议项性能：系统中存在时偏/频偏/干扰/多用户等场景下算法性能评估及SNR等测量量的测量性能评估。

18A版本算法是在17B版本算法基础上进行了优化和改进，算法优化点即18A版本各特性如表 1.2.1‑1所示，各特性评估内容如各改动章节所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表 1.2.1‑1 特性说明 | | | |
| 特性 | | 特性类别 | 改动章节 |
| 系统 | 基带32TS时偏补偿 | A |  |
| PUCCH | PUCCH Format2频偏估计 | A |  |
| PUCCH 时偏估计与补偿方案 | A/B |  |
| PUCCH Format1系列NPI&SNR估计方案 | B |  |
| PUCCH多用户性能优化方案 | A/B |  |
| PRACH | RRH级联场景下PRACH峰值剔除算法 | A |  |
| PRACH抗干扰滤波 | B |  |
| PRACH频偏峰值筛选方案 | B |  |
| PRACH小带宽功能开发 | D |  |
| PUSCH | PUSCH的均衡算法优化 | B |  |
| PUSCH的小RB解调性能优化 | B |  |
| PUSCH RRH级联FO估计方案 | A |  |
| PUSCH频域信道估计优化 | B |  |
| 特性类别共分5类：A.功能 B.性能优化C.算法简化D.故障 E.性能评估  **功能：**本版本新增添的需求功能；  **性能优化：**之前版本已存在该算法功能，本版本对其进行了性能上的优化；  **算法简化：**之前版本已存在该算法功能，本版本对其在计算复杂度、处理流程等方面进行了优化，对性能可能会造成影响；  **故障：**算法处理流程、定点化以及参数选取等方面的问题，通过故障流程合入该版本；  **性能评估：**在该版本开发过程中评估的算法，虽然该版本算法与之前版本一致，但在该版本的报告中对其性能进行了分析验证。 | | | |

## 性能评估策略

### 基本假设

该报告的内容建立在如下两个基本假设的基础之上：

假设1：本报告所使用的物理层变量定义，如带宽，SNR/SINR等，均与[1]中定义一致。没有在上述协议中进行定义的物理量，需要在本报告中给出数学上严格的定义。

假设2：为提高仿真效率，如无特殊说明，所有仿真性能评估均使用浮点链路进行仿真。因此，为确保该报告能够客观地反应物理层的链路性能，版本负责人在版本交付时需要保证算法平台的定点仿真链路与浮点仿真链路性能上的一致性，以及DSP测试结果与仿真结果在性能上的一致性（DSP版本与算法版本实现比特对齐）。

### 测试



图 1.2‑1 测试方法及配置参数

本报告所使用的基本测试方法和配置参数如图 1.2‑1所示。一个完整的测试由三个基本的参数配置来进行描述：系统参数配置、参考信道参数配置和无线传播参数配置。顾名思义，系统参数指的是带宽、天线数、用户数以及CP类型等系统级的参数；参考信道这个概念是3GPP在规范性能测试时引入的，即预先定义好的一系列各个信道的发射信号生成配置。由于本报告目前只涉及上行各信道的性能测试，因此我们只定义了PUSCH/PUCC/PRACH的参考信道。另外，值得注意的是，虽然没有在附录中说明，我们在正文中仍然将控制信道的不同发送格式看作是参考信道，如PUCCH Format1等。无线传播参数配置指的是由发射机到接收机之间的物理信道模型参数，这些参数与空口协议栈无关。可以看出，前2类参数决定了发射信号的生成，第3类参数决定了无线传播的环境。这三类参数在[1]中都有明确的定义，我们将本报告涉及到的部分摘录在第4章附录内。对于协议项的性能测试时，由于[1]中没有明确区分系统参数配置与参考信道参数配置，在不引入混淆的情况下，我们沿用[1]中对测试项的描述。在对非协议项性能进行评估时，我们应该遵循本报告定义的描述方法，并且尽量使用已经明确定义过的参数配置。如果必须使用没有定义过的参数配置，应首先在原有定义的基础之上增量地定义新的参数配置，然后再使用新定义的参数配置来进行测试。性能评估过程中应保证对这3类配置的清晰描述，确保所有测试结果都可以复现。

由于我们需要对每一个版本的物理层性能进行评估，这就要求我们对上述三类参数进行标准化的定义，以方便比较不同版本的演进。下面我们通过举例进一步解释如何清晰地、规范地进行测试：

举例1：为了评估LTE-M场景的解调性能，我们需要测试的无线传播环境为ITU-VA环境。但是，3GPP标准化的无线传播环境中没有这个模型。此时，我们只需要在无线传播参数一节中新增添ITU-VA的定义（而不是在评估LTE-M的章节内定义），然后使用已定义过的系统参数和参考信道参数配置来进行测试；

举例2：在评估高铁场景的性能时，有时我们需要具体评估给定的载波频率和速度下的性能，如给定700MHz载波频率和230km/h的移动速度。此时，我们可以复用已有高铁场景下的无线传播参数的定义，只需要说明具体的参数配置即可；

举例3：在评估PUCCH多UE的解调性能时，如果需要评估同一RB上复用18个UE情况下的性能，我们需要定义新的参考信道参数，此时，应尽量复用原有定义的基本原则。新增添的参考信道参数会在后续每一个版本中作为参考信道参数配置，用以评估PUCCH多用户的性能。

### 评估方法

基于以上假设，我们在评估算法的性能时，主要使用以下几种方法：

绝对性能评估法：对于协议项性能的仿真结果，因为协议有明确的性能最低要求，我们可以以此要求为参考点。

相对性能评估法：对于非协议项的仿真，由于缺乏绝对的参考点，我们只能采取相对性能的评估方法，即对于一个特性，评估其与一个基本参考点的性能。比如，评估多天线合并性能时，我们可以预期在AWGN信道下，4天线性能比2天线性能好3dB左右，我们认为这是合理的。当性能增益明显小于3dB时，需要给出具体的解释；又比如，在评估频偏补偿性能时，我们可以比较存在频偏时与理想情况下的性能差异，以此来评估频偏补偿的性能。

分析法：除了上述两种方法以外，我们还需要结合理论分析的方法来判断算法的性能是否与预期相符。依然以多天线合并性能为例，我们预期在衰落信道下，由于分集增益的存在，4天线合并性能相比于2天线合并性能，在高SNR时要有超过3dB的增益。又比如，对于一个合理的估计算法来说，应该会随着样本数的增多，SNR的增大，估计值的方差越来越小，等等。

具体评估测试结果时，相关责任人往往需要结合多种方法进行判断分析，巧妙地设计不同测试，灵活地运用仿真数据和理论知识，力求给出客观地评估结论。

### 评估结论

所有测试/评估必须给出结论，如满足协议要求、符合预期以及性能低于预期等等。相关责任人应该客观、清晰地描述当前版本的性能，如:PUSCH在EPA信道场景下，尤其是MCS较高时，性能满足协议要求，但低于预期。

# 协议项性能

本报告中，我们将3GPP定义的eNodeB物理层最低性能要求称之为协议项性能。这一部分我们严格按照[1]中第8章的性能要求进行测试。本报告呈现结果为当前版本所支持的所有测试项的结果，包括仿真结果与实测结果。所示结果中，“测试”结果为DSP实验室环境测试所得，“仿真”结果为算法平台仿真所得。

适用于本章的通用参数配置如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 表1.2.4‑1系统参数配置 | |
| 参数 | 取值 |
|  | 1 |
| Frame Structure Type | TDD |
| 无线传播参数配置 | |
| 参数 | 取值 |
| Correlation Matrix | L |
| TO | 0 |
| FO | 0 |
| 注意：TO、FO的配置不适用于PRACH检测性能的测试 | |

## PUSCH多径衰落信道解调性能

### 基本信息

3GPP对该项性能的评估方法为：在给定的参数配置下，PUSCH达到归一化吞吐量目标值时的SNR值要小于[1]中给定的SNR值。

该项测试基本的系统参数配置为PUSCH\_General，其它系统参数配置、参考信道参数与无线传播参数配置在呈现仿真结果时进行具体的描述。

### 仿真结果

FDD测试使用的是以前的FPGA版本，TDD测试使用的是修复了亚稳态情况的FPGA版本。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑1 PUSCH多径衰落信道解调性能(1.4 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-2 | 30% | [-4.1] | -5.4 | -5.8 | -5.7 |
| 70% | [0.1] | -1.3 | -1.8 | -0.98 |
| A4-3 | 70% | [10.6] | 9.3 | 8.8 | **10.17** |
| A5-2 | 70% | [17.7] | 16 | 15.6 | **17.16** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.7] | -3.7 | -4.2 | -3.72 |
| 70% | [1.8] | 0.7 | 0.1 | 0.9 |
| A4-1 | 30% | [4.4] | 3.6 | 3.1 | 3.4 |
| 70% | [11.3] | 9.8 | 9.3 | 10.38 |
| A5-1 | 70% | [18.6] | 16.7 | 16.2 | **17.5** |
| EVA70 | A3-2 | 30% | [-3.9] | -5 | -5.7 | -5.54 |
| 70% | [0.7] | -0.9 | -1.3 | -1.02 |
| A4-3 | 30% | [4.0] | 3.2 | 2.8 | 2.81 |
| 70% | [11.9] | 10.8 | 10.1 | 10.67 |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.4] | -3.4 | -3.8 | -3.52 |
| 70% | [2.4] | 1.6 | 0.9 | 1.46 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.2] | -3.2 | -3.9 | -3.67 |
| 70% | [2.9] | 1.3 | 0.8 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑2 PUSCH多径衰落信道解调性能(3 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-3 | 30% | [-4.1] | -5.4 | -5.8 | -5.7 |
| 70% | [0.1] | -1.1 | -1.6 | -0.8 |
| A4-4 | 70% | [10.9] | 9.5 | 8.9 | **10.5** |
| A5-3 | 70% | [18.1] | 16.3 | 15.9 | **20.9** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.8] | -3.7 | -4.1 | -3.8 |
| 70% | [1.8] | 0.7 | 0.1 | 0.9 |
| A4-1 | 30% | [4.3] | **3.8** | 3.1 | 3.3 |
| 70% | [11.5] | 9.8 | 9.1 | **10.7** |
| A5-1 | 70% | [18.8] | 16.8 | 16.4 | **20.5** |
| EVA70 | A3-3 | 30% | [-4.0] | -5.4 | -5.8 | -5.8 |
| 70% | [0.6] | -1 | -1.5 | -1 |
| A4-4 | 30% | [4.7] | 3.4 | 2.8 | 2.8 |
| 70% | [12.5] | 11.2 | 10.5 | 11.4 |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.5] | -3.4 | -3.8 | -3.6 |
| 70% | [2.4] | 1.5 | 0.9 | 1.2 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.2] | -3.2 | -3.8 | -3.3 |
| 70% | [2.9] | 1.4 | 0.7 | 1.5 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑3 PUSCH多径衰落信道解调性能(5 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-4 | 30% | [-4.7] | -6.1 | -6.3 | -6 |
| 70% | [-0.7] | -2 | -2.4 | -1.8 |
| A4-5 | 70% | [10.4] | 9.3 | 8.9 | **10.4** |
| A5-4 | 70% | [18.0] | 16.5 | 16 | **18.1** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.7] | -3.9 | -4.3 | -3.8 |
| 70% | [1.8] | 0.7 | 0.2 | 0.8 |
| A4-1 | 30% | [4.3] | 3.4 | 3 | 3.3 |
| 70% | [11.5] | 9.7 | 9.2 | **10.4** |
| A5-1 | 70% | [18.6] | 17 | 16.3 | **17.6** |
| EVA70 | A3-4 | 30% | [-4.5] | -6 | -6.4 | -6.3 |
| 70% | [-0.1] | -1.9 | -2.2 | -2.1 |
| A4-5 | 30% | [4.3] | 3.2 | 2.6 | 2.8 |
| 70% | [12.3] | 10.9 | 10.5 | 11.1 |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.5] | -3.2 | -3.7 | -3.4 |
| 70% | [2.4] | 1.5 | 1 | 1.1 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.2] | -3.2 | -3.8 | -3.6 |
| 70% | [2.9] | 1.4 | 0.9 | 0.9 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑4 PUSCH多径衰落信道解调性能(10 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-5 | 30% | [-4.2] | -5.4 | -5.7 | -5.6 |
| 70% | [-0.4] | -1.6 | -1.8 | -1.1 |
| A4-6 | 70% | [10.8] | 9.5 | 9.2 | **10.3** |
| A5-5 | 70% | [18.3] | 17 | 16.6 | **21.9** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.7] | -4 | -4.3 | -3.8 |
| 70% | [1.9] | 0.4 | 0.2 | 0.9 |
| A4-1 | 30% | [4.3] | 3.7 | 3.1 | 3.3 |
| 70% | [11.4] | 9.7 | 9.2 | 10.8 |
| A5-1 | 70% | [18.8] | 16.7 | 16.6 | **20.6** |
| EVA70 | A3-5 | 30% | [-4.1] | -5.5 | -5.9 | -5.8 |
| 70% | [0.1] | -1.3 | -1.7 | -1.5 |
| A4-6 | 30% | [4.5] | 3.2 | 2.7 | 2.9 |
| 70% | [12.6] | 11 | 10.6 | 11 |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.5] | -3.2 | -3.7 | -3.6 |
| 70% | [2.4] | 1.4 | 1 | 1.3 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.2] | -3.2 | -3.9 | -3.5 |
| 70% | [2.9] | 1.4 | 0.8 | 1.4 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑5 PUSCH多径衰落信道解调性能(15 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-6 | 30% | [-4.5] | -5.8 | -6.2 | -6.3 |
| 70% | [-0.8] | -2.2 | -2.6 | -1.9 |
| A4-7 | 70% | [11.3] | 10.2 | 9.7 | **11.4** |
| A5-6 | 70% | [18.8] | 17.5 | 17.1 | **22.5** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.8] | -3.8 | -4.2 | -3.9 |
| 70% | [1.8] | 0.5 | 0.2 | 0.9 |
| A4-1 | 30% | [4.2] | 3.6 | 3.2 | 3.4 |
| 70% | [11.4] | 9.9 | 9.2 | **10.7** |
| A5-1 | 70% | [18.7] | 16.7 | 16.3 | **20.6** |
| EVA70 | A3-6 | 30% | [-4.5] | -5.8 | -6.4 | -6.3 |
| 70% | [-0.3] | -2.2 | -2.3 | -1.9 |
| A4-7 | 30% | [4.2] | 3.4 | 2.8 | 2.9 |
| 70% | [12.9] | 11.3 | 10.9 | **12.1** |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.5] | -3.3 | -3.7 | -3.7 |
| 70% | [2.4] | 1.4 | 0.9 | 1.2 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.2] | -3.25 | -3.8 | -3.5 |
| 70% | [2.9] | 1.3 | 0.8 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.1.2‑6 PUSCH多径衰落信道解调性能(20 MHz) | | | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | 参考信道参数 | 归一化吞吐量 | SNR[dB] | | | |
|  | | | |
| CP类型 | 传播信道 | FRC | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 正常 | EPA5 | A3-7 | 30% | [-4.2] | -5.4 | -5.7 | -5.7 |
| 70% | [-0.4] | -1.8 | -2.1 | -1.5 |
| A4-8 | 70% | [11.5] | 10.2 | 9.9 | **11.8** |
| A5-7 | 70% | [19.7] | 18.3 | 18 | **25** |
| EVA5 | A3-1 | 30% | [-2.7] | -3.8 | -4.2 | -3.8 |
| 70% | [1.8] | 0.5 | 0.1 | 0.8 |
| A4-1 | 30% | [4.3] | 3.5 | 3.1 | 3.3 |
| 70% | [11.5] | 9.6 | 9.1 | **10.6** |
| A5-1 | 70% | [18.7] | 16.9 | 16.3 | **20.5** |
| EVA70 | A3-7 | 30% | [-4.1] | -5.5 | -6 | -5.7 |
| 70% | [0.2] | -1.3 | -1.6 | -1.5 |
| A4-8 | 30% | [4.2] | 3.3 | 2.7 | 2.9 |
| 70% | [13.0] | 11.2 | 11 | 12.1 |
| ETU70 | A3-1 | 30% | [-2.4] | -3.3 | -3.8 | -3.5 |
| 70% | [2.4] | 1.4 | 0.9 | 1.1 |
| ETU300 | A3-1 | 30% | [-2.1] | -3.3 | -3.9 | -3.5 |
| 70% | [2.9] | 1.3 | 0.8 | 1.1 |

### 仿真结论

整体来看（不包括红色加粗字体标出的异常性能），满带宽仿真性能优于协议需求0.7~1.9dB，测试结果与仿真结果差异在±0.8dB；单RB仿真性能优于协议需求0.9~1.9dB，测试结果与仿真结果差异在±0.8dB。下面逐项分析PUSCH多径衰落信道解调性能。

* *满RB调度*
* EPA 5信道模型
* QPSK调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间的性能差异不大，以1.4M&3M性能相对较差，5M性能相对较好；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景下系统SNR大约需要提升3.7~4.2dB，四天线场景下系统SNR大约需要提升3.3~3.5 dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.5dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约有3.1dB左右的增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果和测试结果基本符合预期1)；
2. 从仿真结果来看，当前算法从30%吞吐率到70%吞吐率提升，两天线场景系统SNR需提升大于4.2dB，四天线场景系统SNR需提升大于3.8dB，略差于协议需求；
3. 天线数目从两根增加到四根，增益普遍在4dB以上，优于预期3)。
4. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.2~0.5 dB。除了15M的30%吞吐量情况，其他TDD测试结果都好于仿真结果，30%吞吐量情况比仿真好0~0.3 dB，70%吞吐量情况比仿真好0.6~0.8 dB。

表 2.1.3‑1 PUSCH满RB调度QPSK调制EPA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 3.7~4.2 | 4.2 |
| 4Rx | 3.3~3.5 | 3.8 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 2.5 | >4dB |
| 70%吞吐率 | 3.1 | >4dB |

* 16QAM调制

从协议性能要求来看，

1. 70%吞吐率解调性能不同带宽间的性能差异不大，以15M&20M性能相对较差；
2. 天线数目从两根增加到四根，最少有2.8dB增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 首先，仿真结果和测试结果均符合预期1)，仿真结果天线数目从两根增加到四根增益最小为3.8dB，优于预期2)；
2. 其次，仿真结果普遍在协议项边沿，冗余小，甚至20M不符合协议性能要求，但测试结果优于协议项，初步判断仿真存在***异常***。
3. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.3~0.6 dB。

表 2.1.3‑2 PUSCH满RB调度16QAM调制EPA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 70%吞吐率 | >2.8 | >3.8 |

* 64QAM调制

从协议性能要求来看，

1. 70%吞吐率解调性能1.4M/3M/5M/10M带宽间的性能差异不大，15M&20M性能相对较差；
2. 天线数目从两根增加到四根，最少有3.3dB增益。

从仿真结果来看，

基本可认为该项所有带宽仿真结果均不符合协议需求，而测试结果优于协议项1.3~1.4dB，可初步判断仿真***存在异常***。

更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.3~0.5 dB。

表 2.1.3‑3 PUSCH满RB调度64QAM调制EPA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 70%吞吐率 | >3.3 | 异常 |

* EVA 70信道模型
* QPSK调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间的性能差异不大；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升4.2~4.6dB，四天线场景系统SNR需提升3.6~3.8dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能越有2.5dB左右的增益，70%吞吐率解调性能越有3~3.5dB左右的增益；
4. 与EPA 5协议性能需求相比，30%吞吐率性能要求相差不大，70%吞吐率EVA 70略差0.5~0.6dB。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果和测试结果基本符合预期1)；
2. 从仿真结果来看，当前算法从30%吞吐率到70%吞吐率提升，两天线场景系统SNR需提升4.2~4.8 dB，四天线场景系统SNR需提升3.9~4.3dB，两天线场景性能符合预期2)，四天线场景性能***略差***；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能有2.9~3.8dB的增益，70%吞吐率解调性能3.5~4.1dB的增益，略好于协议预期；
4. 从仿真和测试结果来看，当前算法在EPA5和EVA70两个信道模型下性能差别不大，略好于预期4)。
5. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.1~0.7 dB。TDD测试结果都好于仿真结果0~0.5 dB。

表 2.1.3‑4 PUSCH满RB调度QPSK调制EVA70信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 4.2~4.6 | 4.2~4.8 |
| 4Rx | 3.6~3.8 | 3.9~4.3 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 2.5 | 2.9~3.8 |
| 70%吞吐率 | 3.1 | 3.5~4.1 |
| 相对EPA5信道性能下降 | 30%吞吐率 | 基本一致 | 基本一致 |
| 70%吞吐率 | 0.5~0.6 | 基本一致 |

* 16QAM调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间的性能差异不大；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升7.8~8.8dB，四天线场景系统SNR需提升7.1~7.9dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能越有3.1~3.8dB左右的增益，70%吞吐率解调性能越有3.6~4.6dB的增益；
4. 70%吞吐率解调性能EVA 70信道模型比EPA 5信道模型下降约1.3~1.9dB（两天线）/0.7~1.2dB (四天线)。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果和测试结果基本符合预期1)；
2. 30%吞吐率到70%吞吐率的提升，从测试结果来看，两天线场景系统SNR需提升7.6~7.9dB(1.4M/3M/5M/10M/15M)/8.9 dB (20M)，从仿真结果来看，两天线场景系统SNR需提升7.8~8.6dB(1.4M/3M/5M/10M) /9.2 dB (15M/20M)，四天线场景系统SNR需提升7.2~8.1dB，基本可以认为除两天线15M/20M仿真结果***略差***，其他测试和仿真结果基本符合预期2)；
3. 从仿真结果来看，天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有3.8~4dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约有4.1~5dB的增益，略好于预期3)；
4. 从测试结果来看，两天线EVA 70信道模型比EPA 5信道模型下降约1 ~1.7dB（与协议差异小），从仿真结果来看，EVA 70信道模型比EPA 5信道模型下降约0.3~0.9dB（两天线）/0.1~0.4dB(四天线)（优于协议），仿真结果和测试结果差异较大，基于QPSK调制场景两种信道模型下性能差异不大，预期当前算法在16QAM应有同样特征，故***无法判断异常结果***是仿真或测试结果。
5. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.3~0.7 dB。其中带宽为3 MHz、吞吐率70%的情况下TDD测试结果好于FDD 0.7 dB，好于仿真0.9 dB，带宽为20 MHz、吞吐率70%的情况下TDD测试结果好于仿真1.1 dB，除此之外TDD测试结果都好于仿真结果，30%吞吐率情况好0~0.2 dB，70%吞吐率情况好0.4~0.6 dB。

表 2.1.3‑5 PUSCH满RB调度16QAM调制EVA70信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 7.8~8.8 | 7.8~8.6dB(1.4M/3M/5M/10M) /9.2 dB (15M/20M) |
| 4Rx | 7.1~7.9 | 7.2~8.1 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 3.1~3.8 | 3.8~4 |
| 70%吞吐率 | 3.6~4.6 | 4.1~5 |
| 相对EPA5信道性能下降  （70%吞吐率） | 2Rx | 1.3~1.9 | 0.3~0.9 |
| 4Rx | 0.7~1.2 | 0.1~0.4 |

* 单RB调度
* EVA 5信道模型
* QPSK调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间几乎无差异（±0.1dB）；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升4.5~4.6dB，四天线场景系统SNR需提升3.7~3.8dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.3~2.4dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约3~3.2dB左右的增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果基本符合预期1)；测试结果中70%吞吐率性能有所浮动，所以10M/15M/20M的仿真和测试结果差异不能判定为仿真结果异常，建议测试结果复测；
2. 测试和仿真结果基本符合预期2)；
3. 天线数目从两根增加到四根，从仿真结果看，30%吞吐率解调性能约有3 dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约有4 dB的增益，略好于预期3)。
4. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.2~0.6 dB。TDD测试结果都好于仿真结果，30%吞吐率情况好0.3~0.5 dB，70%吞吐率情况好0.5~0.8 dB。

表 2.1.3‑6 PUSCH单RB调度QPSK调制EVA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 4.5~4.6 | 异常 |
| 4Rx | 3.7~3.8 | 3.7~3.8 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 2.3~2.4 | 3 |
| 70%吞吐率 | 3~3.2 | 4 |

* 16QAM

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间几乎无差异（±0.1dB）；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升6.9~7.2dB，四天线场景系统SNR需提升6.5~6.7dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有3.1dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约有3.5~3.7dB左右的增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果基本符合预期1)，测试结果除10M（性能相差1dB）外其他带宽解调性能几乎无差异，就测试结果自身可判断***10M结果存在异常***，但30%吞吐率测试和仿真结果基本一致，而70%吞吐率仿真结果比测试结果差约1dB，而10M异常测试结果与仿真结果一致，***故根据当前数据无法确定异常结果***；
2. 30%吞吐率到70%吞吐率的提升，从测试结果来看，两天线场景系统SNR需提升6.1~6.3dB(1.4M/3M/5M/15M/20M)/7 dB (15M)，从仿真结果来看，两天线场景系统SNR需提升7.1~7.5dB，四天线场景系统SNR需提升6.6~7.2dB，测试结果***除15M外***均略好于预期2)，；
3. 天线数目从两根增加到四根，从仿真结果看，30%吞吐率解调性能约有3.8~3.9dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约有4~4.3dB的增益，略好于预期3)。
4. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.4~0.7 dB。TDD 30%吞吐率情况下测试结果比仿真结果好0.2 dB，70%吞吐率情况下测试比仿真好1 dB以上，认为有异常。

表 2.1.3‑7 PUSCH单RB调度16QAM调制EVA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 6.9~7.2 | 7.1~7.5 |
| 4Rx | 6.5~6.7 | 6.6~7.2 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 3.1 | 3.8~3.9 |
| 70%吞吐率 | 3.5~3.7 | 4~4.3 |

* 64QAM

从协议性能要求来看，

1. 70%吞吐率解调性能在不同带宽间几乎无差异；
2. 天线数目从两根增加到四根，70%吞吐率解调性能约有3~3.4 dB左右的增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真和测试结果均分别符合预期1)，但仿真和测试结果差约4dB，测试结果好于协议需求近2dB，而仿真结果比协议需求差约2dB,据此初步判断，仿真结果存在***异常***；
2. 天线数目从两根增加到四根，仿真结果有4.2~4.5dB的增益，好于协议。

表 2.1.3‑8 PUSCH单RB调度64QAM调制EVA5信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 70%吞吐率 | 3~3.4 | 4.2~4.5 |

* ETU 70信道模型
* QPSK调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间几乎无差异（基本在±0.1dB）；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升4.8dB，四天线场景系统SNR需提升3.8dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.4dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约3.3dB左右的增益；
4. 与EPA 5协议性能需求相比，30%吞吐率性能要求相差约1.7dB(2Rx)/2.2dB(4Rx)，70%吞吐率相差约2.3dB(2Rx)/2dB(4Rx)。

从仿真和测试结果来看，

1. 除3M四天线70%吞吐率***异常***，仿真和测试结果基本符合预期1)；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升4.5~5dB，四天线场景系统SNR需提升3.7~3.9dB，基本符合预期2)；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.8~3.1dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约3.7~4.2dB左右的增益，略好于协议；
4. 从仿真结果来看，30%吞吐率性能ETU70信道模型比EVA 5信道模型下降约2~2.6dB（2Rx）/2.5~3.7dB(4Rx)，70%吞吐率性能ETU70信道模型比EVA 5信道模型下降约2~3.1dB（2Rx）/2.6~3.7dB(4Rx)，***差于预期***。
5. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.4~0.7 dB。TDD测试结果好于仿真结果0~0.5 dB。

表 2.1.3‑9 PUSCH单RB调度QPSK调制ETU70信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 4.8 | 4.5~5 |
| 4Rx | 3.8 | 3.7~3.9 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 2.4 | 2.8~3.1 |
| 70%吞吐率 | 3.8 | 3.7~4.2 |
| 相对EPA5信道性能下降 | 30%吞吐率 | 1.7(2Rx)/2.2(4Rx) | 2~2.6dB（2Rx）/2.5~3.7dB(4Rx) |
| 70%吞吐率 | 2.3dB(2Rx)/2dB(4Rx) | 2~3.1dB（2Rx）/2.6~3.7dB(4Rx) |

* ETU300信道模型
* QPSK调制

从协议性能要求来看，

1. 30%吞吐率和70%吞吐率解调性能在不同带宽间几乎无差异（±0.1dB）；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升5.1dB，四天线场景系统SNR需提升4dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.4dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约3.5dB左右的增益；
4. 另与EPA 5协议性能需求相比，30%吞吐率性能要求相差约1.9dB(2Rx)/2dB(4Rx)，70%吞吐率相差约2.8dB(2Rx)/2.5dB(4Rx)。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真和测试结果基本符合预期1)；
2. 从30%吞吐率到70%吞吐率的提升，两天线场景系统SNR需提升4.5~4.9dB，四天线场景系统SNR需提升3.7~3.9dB；
3. 天线数目从两根增加到四根，30%吞吐率解调性能约有2.9~3.3dB左右的增益，70%吞吐率解调性能约3.7~4.2dB左右的增益。
4. 从仿真结果来看，30%吞吐率性能ETU300信道模型比EVA 5信道模型下降约2~2.8dB（2Rx）/2.4~3.7dB(4Rx)，70%吞吐率性能ETU300信道模型比EVA 5信道模型下降约2~2.9dB（2Rx）/2.5~3.6dB(4Rx)，***差于预期***。
5. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）提升0.5~0.7 dB。TDD测试结果好于仿真结果0~0.8 dB。

表 2.1.3‑10 PUSCH单RB调度QPSK调制ETU300信道仿真性能总结

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 协性能要求（dB） | 仿真性能（dB） |
| 不同带宽间性能差异 | 2Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| 4Rx | 基本一致 | 基本一致 |
| ΔSNR  （30%到70%吞吐率提升所需） | 2Rx | 5.1 | 4.5~4.9 |
| 4Rx | 4 | 3.7~3.9 |
| 天线增益（2Rx到4Rx） | 30%吞吐率 | 2.4 | 2.9~3.3 |
| 70%吞吐率 | 3.5 | 3.7~4.2 |
| 相对EPA5信道性能下降 | 30%吞吐率 | 1.9dB(2Rx)/2dB(4Rx) | 2~2.8dB（2Rx）/2.4~3.7dB(4Rx) |
| 70%吞吐率 | 2.8dB(2Rx)/2.5dB(4Rx) | 2~2.9dB（2Rx）/2.5~3.6dB(4Rx) |

综上，

1. 16QAM和64QAM调制仿真结果存在明显异常，这里对这两种调制方式，暂不做归纳，需重新仿真对上述量化分析修正后，再对性能进行评估；
2. QPSK调制，满带宽调度和单RB调度，性能与带宽基本没有相关性；吞吐率提升所需的SNR要大于协议需求；天线数目从两根增加到四根性能增益大于协议需求；但从EVA5信道模型到ETU70 / ETU300信道模型，性能下降大于协议预期，当前算法对抗多径衰落能力较差；ETU70和ETU300间性能差异较小，当前算法具备一定对抗多普勒扩展的能力。
3. 更改FPGA后的版本（TDD测试结果）比更改前（FDD测试结果）结果普遍有所提升，且好于仿真结果。其中单RB情况略好于满带宽、小带宽情况略好。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FDD测试结果性能提升（与TDD比较） | | |
| 带宽 | 单RB（dB） | 满带宽（dB） |
| 1.4 | 0.55 | 0.5 |
| 3 | 0.57 | 0.51 |
| 5 | 0.51 | 0.4 |
| 10 | 0.44 | 0.36 |
| 15 | 0.46 | 0.42 |
| 20 | 0.5 | 0.36 |

## PUSCH高速场景解调性能

### 基本信息

3GPP对该项性能的评估方法为： 在给定的参数配置下，PUSCH达到归一化吞吐量目标值时的SNR值要小于[1]中给定的SNR值。

该项测试基本的系统参数配置为PUSCH\_HST，其它系统参数配置、参考信道参数与无线传播参数配置在呈现仿真结果时进行具体的描述。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.2.2‑1 PUSCH高速场景解调性能 | | | | | | | |
| 系统参数 | | 参考信道参数 | 无线传播参数 | 归一化吞吐量 | SNR [dB] | | |
| 带宽 [MHz] |  | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | 1 | A3-2 | HST3 | 30% | [-1.5] |  |  |
| 70% | [1.9] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-3.9] |  |  |
| 70% | [-0.6] |  |  |
| 3 | 1 | A3-3 | HST3 | 30% | [-2.1] |  |  |
| 70% | [1.6] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-4.5] |  |  |
| 70% | [-1.0] |  |  |
| 5 | 1 | A3-4 | HST3 | 30% | [-2.6] |  |  |
| 70% | [1.3] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-5.1] |  |  |
| 70% | [-1.4] |  |  |
| 10 | 1 | A3-5 | HST3 | 30% | [-2.7] |  |  |
| 70% | [1.2] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-5.4] |  |  |
| 70% | [-1.5] |  |  |
| 15 | 1 | A3-6 | HST3 | 30% | [-2.7] |  |  |
| 70% | [1.2] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-5.2] |  |  |
| 70% | [-1.4] |  |  |
| 20 | 1 | A3-7 | HST3 | 30% | [-2.7] |  |  |
| 70% | [1.2] |  |  |
| 2 | HST1 | 30% | [-5.3] |  |  |
| 70% | [-1.4] |  |  |
| PUSCH高速场景解调性能 | | | | | | |  |

### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## PUSCH发送HARQ-ACK的性能

### 基本信息

3GPP定义了两个PUSCH发送HARQ-ACK的性能测试：ACK漏检性能与ACK虚检性能。关于这两个性能指标的严格定义可以参考[1]中第8.2.4小节。这两个协议项的性能要求为在给定的PUSCH参数配置下，ACK漏检概率与ACK虚检概率均不超过1%。

这两项测试的基本系统参数配置如下表所示，其它系统参数配置、参考信道参数与无线传播参数配置在呈现仿真结果时进行具体的描述。

表 2.3.1‑1 PUSCH HARQ-ACK性能测试基本系统参数配置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ACK比特数 | CQI/RI/SRS |
| 2 | 1 | 不发送 |

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.3.2‑1 PUSCH发送HARQ-ACK的性能 | | | | | | | | | | |
| 系统参数 | 参考信道参数 | | 无线传播参数 | | ACK漏检概率 | | | ACK虚检概率 | | |
| 带宽 [MHz] | FRC |  | 传播信道 | PUSCH SNR [dB] | FDD  测试结果 | TDD  测试结果 | 仿真结果 | FDD  测试结果 | TDD  测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | A3-1 | 8 | EVA 5 | 6.8 | 5.7 | 5.6 | **5.2** | 0.05% | 0.02% | 0.1% |
| A4-3 | 5 | 13.6 | 13 | 13 | 12.9 | 0 | 0.00% | 0.2% |
| 3 | A3-1 | 8 | 6.8 | 5.76 | 5.8 | 5.3 | 0.09% | 0.05% | 0.12% |
| A4-4 | 5 | 13.1 | 12 | 12.1 | 12.2 | 0 | 0.00% | 0.18% |
| 5 | A3-1 | 8 | 6.9 | 5.88 | 5.9 | 5.5 | 0.05% | 0.02% | 0.1% |
| A4-5 | 5 | 12.4 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 0 | 0.00% | 0.2% |
| 10 | A3-1 | 8 | 6.8 | 5.4 | 5.3 | **4.9** | 0.06% | 0.06% | 0.16% |
| A4-6 | 5 | 12.4 | 11.2 | 11.3 | 11.7 | 0.00% | 0.00% | 0.2% |
| 15 | A3-1 | 8 | 6.8 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 0.03% | 0.03% | 0.1% |
| A4-7 | 5 | 12.0 | 11 | 11 | **11.6** | 0.02% | 0.00% | 0.36% |
| 20 | A3-1 | 8 | 6.8 | 5.8 | 5.7 | **5.0** | 0.06% | 0.02% | 0.16% |
| A4-8 | 5 | 11.9 | 11 | 11.1 | 11.4 | 0 | 0.00% | 0.16% |
| 1.4 | A3-1 | 8 | ETU70 | 6.6 | 5.7 | 5.6 | 5.8 | 0.08% | 0.05% | 0.1% |
| A4-3 | 5 | 13.8 | **14** | 13.9 | 12.9 | 0.00% | 0.00% | 0.25% |
| 3 | A3-1 | 8 | 6.6 | 5.8 | 5.7 | **5.0** | 0.09% | 0.02% | 0.2% |
| A.4-4 | 5 | 12.9 | **13** | 13.1 | 12.4 | 0 | 0.00% | 0.32% |
| 5 | A3-1 | 8 | 6.5 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 0.08% | 0.03% | 0.14 |
| A4-5 | 5 | 12.5 | **12.7** | 12.7 | 11.9 | 0 | 0.00% | 0.16% |
| 10 | A3-1 | 8 | 6.6 | 5.7 | 5.8 | 5.4 | 0.08% | 0.03% | 0.14% |
| A4-6 | 5 | 12.3 | **12.2** | 12.2 | **12.1** | 0 | 0.00% | 0.14% |
| 15 | A3-1 | 8 | 6.7 | 6 | 5.9 | 5.4 | 0.08% | 0.05% | 0.08% |
| A4-7 | 5 | 12.1 | **12.1** | 12.1 | **11.9** | 0.06% | 0.00% | 0.2% |
| 20 | A3-1 | 8 | 6.5 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 0.09% | 0.02% | 0.16% |
| A4-8 | 5 | 12 | **12** | 12 | **12.1** | 0 | 0.00% | 0.24% |
|  |  | PUSCH发送HARQ-ACK的性能 | | | | | | | | |

### 仿真结论

整体来看，ACK漏检性能仿真结果好于协议需求0.5~1.4dB，测试结果与仿真结果相差±0.5dB；ACK虚检性能测试结果好于仿真结果。下面逐项分析仿真和测试结果。

从协议性能要求来看，

1. 单RB调度QPSK调制，不同带宽不同信道模型下ACK漏检性能差距在0.3dB以内；
2. 满RB调度16QAM调制，相同信道模型下ACK漏检性能随着带宽增加而改善；
3. 满RB调度16QAM调制，相同带宽不同信道模型下ACK漏检性能差距在0.4dB以内。

从仿真和测试结果来看，

1. 测试结果均符合预期1)，仿真结果起伏较大，与测试结果相差较小的仿真结果检测性能相对较差；
2. 测试和仿真结果均符合预期2)；
3. 满RB调度16QAM调制，仿真结果除20M外，相同带宽不同信道模型下ACK漏检性能差距在0.4dB以内；测试结果相同带宽不同信道模型下ACK漏检性能相差1dB，不符合预期3)，初步判断ETU70信道模型下测试结果存在***异常***；
4. 满RB调度16QAM调制场景，10M/15M/20M仿真性能冗余度小，初步判断算法存在问题。
5. TDD测试结果与FDD测试结果之差在±0.2 dB。

## PUSCH干扰抑制接收机性能

### 同步干扰场景

#### 基本信息

3GPP对该项性能的评估方法为：在给定的参数配置下，PUSCH达到归一化吞吐量目标值时的SINR值要小于[1]中给定的SINR值。

该项测试的基本系统参数配置为PUSCH\_IRC\_syn，其它配置参数见仿真结果部分。

#### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.4.1‑1 PUSCH干扰抑制接收机性能 | | | | | | | | | |
| 系统参数 | | 无线传播参数 | | | | 参考信道参数 | SINR[dB]@70%归一化吞吐量 | | |
| 带宽 [MHz] |  | 测试信号 | 干扰1 | 干扰2 | DIP | FRC | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-1 | [-4.8] | - | -5.6 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-1 | [-2.0] | - | -3.8 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-1 | [-4.1] | - | -5.3 |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-1 | [-0.1] | - | -2 |
| 3 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-2 | [-5.0] | - | -5.8 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-2 | [-2.3] | - | -4.0 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-2 | [-4.4] | - | -5.4 |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-2 | [-0.1] | - | -1.9 |
| 5 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-3 | [-5.1] | - | -6.1 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-3 | [-2.5] | - | -4.1 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-3 | [-4.1] | - | -5.1 |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-3 | [0.1] | - | -1.8 |
| 10 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-4 | [-5.4] | - | -6.2 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-4 | [-2.7] | - | -4.4 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-4 | [-4.2] | - | -5.2 |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-4 | [-0.1] | - | -1.7 |
| 15 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-5 | [-5.5] | - | -6.5 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-5 | [-2.7] | - | -4.4 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-5 | [-4.0] | - | -4.9 |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-5 | [0.0] | - | -1.6 |
| 20 | 2 | EPA5 | ETU5 | NA | Set 2 | A12-6 | [-5.7] | - | -6.6 |
| EVA70 | ETU70 | NA | Set 1 | A12-6 | [-3.0] | - | -4.4 |
| 4 | EPA5 | ETU5 | ETU5 | Set 2 | A13-6 | [-4.5] | - | **-5.0** |
| EVA70 | ETU70 | ETU70 | Set 1 | A13-6 | [-0.4] | - | -1.7 |

#### 仿真结论

整体来看，两天线场景，仿真结果比协议需求好0.8~1dB（EPA5信道模型）/1.4~1.8 dB (EVA70信道模型)；四天线场景，仿真结果比协议需求好0.5~1.2dB（EPA5信道模型）/1.3~1.9 dB (EVA70信道模型)。

* + 两天线场景

从协议需求来看（这里提到的信道模型针对于测试信号，下同），

1. EPA5和EVA70两种信道模型下，性能随着带宽增加性能略有提升；
2. EVA70信道比EPA5信道模型性能下降约2.8dB；

从仿真结果来看

1. 基本符合预期1)；
2. EVA70信道比EPA5信道模型性能下降约1.8~2.2 dB，略好于协议项。
   * 四天线场景

从协议需求来看，

1. EPA5和EVA70两种信道模型下，性能比较接近，相差在0.5dB范围内，20M性能最好；
2. EVA70信道比EPA5信道模型性能下降约4~4.9dB；

从仿真结果来看，

1. 除20M外，其他带宽性能起伏基本与协议需求一致，但***20M性能相比协议不够好***；
2. EVA70信道比EPA5信道模型性能下降约3.3~3.5 dB，略好于协议项。

### 异步干扰场景

#### 基本信息

3GPP对该项性能的评估方法为：在给定的参数配置下，PUSCH达到归一化吞吐量目标值时的SINR值要小于[1]中给定的SINR值。

基本系统参数配置为PUSCH\_IRC\_asyn，其它配置参数见仿真结果部分。

#### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.4.2‑1 异步干扰场景 | | | | | | |
| 系统参数 | | 无线传播参数 | | 参考信道参数 | SINR[dB]@70%归一化吞吐量 | |
| 带宽 [MHz] |  | 测试信号 | 干扰1-1与干扰1-2 | FRC | 141[104]性能要求 | 测试[仿真]结果 |
| 1.4 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-1 | [-2.3] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-1 | [-1.4] |  |
| 3 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-2 | [-2.5] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-2 | [-1.6] |  |
| 5 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-3 | [-2.6] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-3 | [-1.3] |  |
| 10 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-4 | [-2.8] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-4 | [-1.3] |  |
| 15 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-5 | [-2.7] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-5 | [-1.1] |  |
| 20 | 2 | EPA5 | ETU5 | A12-6 | [-2.9] |  |
| 4 | EPA5 | ETU5 | A13-6 | [-1.1] |  |

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## PUCCH DTX-to-ACK性能

### 基本信息

3GPP对PUCCH DTX-to-ACK测试的性能要求为在给定的参数配置下，PUCCH DTX-to-ACK发生的概率小于1%。

该项测试单用户情况下的参考信道参数配置为PUCCH Format 1a与Format 1b，多用户情况下的参考信道参数配置为PUCCH\_4UE。由于目前在[1]中没有找到多用户场景下干扰用户的无线传播参数配置，我们这里将其配置为最容易造成ACK虚检的ETU300环境，基准用户（对应干扰用户1）SNR仿真范围为-10dB~20dB，取该范围内目标测试用户虚检最大值填到表格中。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.5.2‑1 PUCCH DTX-to-ACK性能 | | | | | |
| 系统参数 | 参考信道参数 | | 测试[仿真]结果 | | |
| 带宽 [MHz] |  | | |
| FDD测试 | TDD测试 | 仿真 |
| 1.4 | 单用户 | Format 1a | 0.88% | 0.87% | 0.76% |
| Format 1b | 0.85% | 0.85% | 0.86% |
| 3 | 单用户 | Format 1a | 0.84% | 0.81% | 0.78% |
| Format 1b | 0.86% | 0.90% | 0.8% |
| 5 | 单用户 | Format 1a | 0.84% | 0.88% | 0.815% |
| Format 1b | 0.85% | 0.87% | 0.965% |
| 10 | 单用户 | Format 1a | 0.84% | 0.88% | 0.84% |
| Format 1b | 0.87% | 0.87% | 0.965% |
| 15 | 单用户 | Format 1a | 0.86% | 0.96% | 0.81% |
| Format 1b | 0.86% | 0.91% | 0.76% |
| 20 | 单用户 | Format 1a | 0.87% | 0.93% | 0.935% |
| Format 1b | 0.87% | 0.96% | 0.9175% |

### 仿真结论

从表格的结果中可以看到，测试和仿真结果满足协议需求。单用户虚检协议项，测试结果略好于仿真结果，考虑到测试环境噪声更近似于高斯白噪声，所以该结果合理。

TDD测试结果与FDD测试结果相似。

## PUCCH ACK漏检性能

### 基本信息

3GPP对PUCCH ACK漏检性能测试的要求为在给定的参数配置下，PUCCH ACK漏检发生的概率小于1%。

该项测试单用户场景下测试参考信道为PUCCH Format1a，多用户测试参考信道为PUCCH\_4UE，每UE的参考信道为Format1a，其它参数配置见仿真结果。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.6.2‑1 PUCCH ACK漏检性能 | | | | | | | |
| 系统参数 | | 参考信道参数 | 无线传播参数 | SNR [dB] | | | |
| 带宽 [MHz] | CP类型 |  | | | |
| 传播信道 | 104性能要求 | FDD  测试结果 | TDD  测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-2.5] | **-2.9** | **-3** | **-2.5** |
| EVA5 | [-4.5] | **-5****.5** | **-5.6** | -5.7 |
| EVA70 | [-4.9] | **-5.5** | **-5.5** | -6.3 |
| ETU300 | [-5.0] | **-5.4** | **-5.7** | -6.1 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.1] | **-4.7** | **-4.5** | **-4.5** |
| 3 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-3.9] | **-4.5** | **-4.5** | **-2.4** |
| EVA5 | [-5.1] | -6.2 | **-6.2** | -6.4 |
| EVA70 | [-5.2] | -6.2 | **-6.3** | -6.75 |
| ETU300 | [-5.1] | -6.3 | **-6.4** | -6.4 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.4] | -5.7 | **-5.9** | -6 |
| 5 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-4.8] | -5.9 | **-5.8** | -6.3 |
| EVA5 | [-5.1] | -6.2 | **-6.4** | -6.7 |
| EVA70 | [-5.2] | -6.3 | **-6.4** | -6.4 |
| ETU300 | [-4.9] | -6.2 | **-6.3** | -6 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.4] | -5.9 | **-5.9** | -5.4 |
| 10 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-5.4] | -6.3 | -6**.4** | -6.7 |
| EVA5 | [-5.0] | -6.1 | -6**.2** | -6.4 |
| EVA70 | [-5.1] | -6.2 | -6**.1** | -6.6 |
| ETU300 | [-5.0] | -6.3 | -6**.4** | -6.1 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.6] | -5.9 | **-6.1** | -6.4 |
| 15 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-5.3] | -6.3 | **-6.2** | -6.3 |
| EVA5 | [-5.1] | -6.2 | **-6.2** | -6.3 |
| EVA70 | [-5.2] | -6.3 | **-6.2** | -6.45 |
| ETU300 | [-5.2] | -6.4 | **-6.2** | -5.75 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.6] | -5.9 | **-5.9** | -4.75 |
| 20 | 正常 | Format1a | EPA5 | [-5.1] | -6.7 | **-6.5** | -6.8 |
| EVA5 | [-5.1] | -6.5 | **-6.4** | -6.7 |
| EVA70 | [-5.1] | -6.4 | **-6.3** | -6.7 |
| ETU300 | [-5.2] | -6.3 | **-6.2** | -6.7 |
| PUCCH\_4UE | ETU70 | [-4.4] | -6 | **-5.9** | -6 |

### 仿真结论

整体来看，18A算法协议项仿真性能优于协议性能要求**1~1.8dB**不等；而四天线场景相对两天线场景性能增益普遍在**3.7~4.5dB**，这与协议性能要求中天线数目从两根增加到四根3.5~3.9dB的增益基本一致；两天线协议项仿真性能与测试性能差异普遍在±0.5dB内（注：测试性能略差于仿真性能，红色字体标记性能为性能异常处，后续分析）。下面区分用户数详细分析本测试项性能。

* + 单用户
* 20M/15M/10M

从协议性能要求来看，

三种带宽不同传播信道模型的检测性能应基本一致。

从仿真和测试结果来看，

20M/10M带宽仿真和测试结果均符合此预期，15M带宽在ETU 70信道下的仿真性能显然不符合该预期，而测试性能符合预期，据此初步判断算法仿真平台的ETU信道模型在15M场景下存在***异常***；

* 5M带宽

从协议性能要求来看，

信道模型EPA5和ETU300下的检测性能略差于EVA5和EVA70信道，两组模型内信道间性能差异不大，且EPA5和ETU300下的检测性能应与其他带宽基本一致。

从仿真和测试结果来看，

仿真和测试性能结果均符合预期；

* 3M带宽

从协议性能要求来看，

1. EVA5、 EVA70和ETU 300三种信道模型下的检测性能应基本一致，且与其他带宽性能也应基本一致；
2. EPA5信道性能劣于其他信道模型，相差1.2dB(2Rx)/0.7dB(4Rx)。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真和测试结果均符合预期1)；
2. EPA5信道模型下的性能不符合预期，仿真性能不满足协议需求，而测试结果虽满足协议需求，但性能相较其他信道下降程度偏大（与协议需求相比），据此初步判断EPA5信道模型在3M场景下存在***异常***。
3. 当前算法在3M带宽EPA5信道模型下性能不理想。

* 1.4M带宽

从协议性能要求来看，

1. EVA5、 EVA70和ETU 300三种传播信道模型下的检测性能基本一致且与其他带宽也应基本一致，但EVA5性能略差；
2. EPA5信道性能劣于其他信道模型，相差2dB(2Rx)/0.9dB(4Rx)。

从仿真和测试结果来看，

1. **除测试的EVA5信道模型外**，仿真和测试结果均符合预期1)，但两者间相比较，在EVA70和ETU 300两种信道下**，仿真性能明显好于测试性能，**与3M带宽比较，1.4M测试性能结果较差，***测试性能结果不符合预期1)***；
2. EPA5信道下的仿真和测试性能虽满足协议需求，但性能相较其他信道下降程度偏大（与协议需求相比），当前算法在1.4M带宽EPA5信道模型下性能不理想。
   * 四用户

* 目标用户在ETU70信道模型下的性能需求比单用户ETU300下性能需求低0.3~0.9dB不等，测试性能基本符合该预期（除1.4M），仿真结果中15M和1.4M结果***不符合该预期***。
* 该项测试没有协议性能要求作为参考，但从结果来看，目标用户在ETU70信道模型下和单用户ETU300下仿真性能基本无差异，可认为性能较好。

综上，

1. 18A算法在小带宽（1.4M/3M）EPA5信道场景尤其是1.4M带宽下性能损失较严重。虽然小带宽下频率分集增益小，相较其他带宽会存在一定的性能损失，但从性能损失的程度来看，当前算法应是存在一些不足之处，仍有改进空间；
2. 1.4M测试性能结果存在问题；
3. 从异常结果中，可以推断，EPA信道3M场景和ETU信道 15M场景可能存在异常。
4. TDD测试结果与FDD测试结果之差在±0.3 dB。

## PUCCH CQI解调性能

### 参数配置

3GPP对该项性能的评估方法为：在给定的参数配置下，PUCCH接收CQI的BLER值达到1%时的SNR值要小于[1]中给定的SNR值。

该项测试的参考信道为PUCCH Format 2，测试时配置每个子帧的CQI比特数为4。所有测试的接收天线数皆为2。其它参数配置见仿真结果部分。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.7.2‑1 PUCCH CQI解调性能 | | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | SNR [dB] | | | |
| 带宽 [MHz] | 传播信道 | 104性能要求 | FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | EVA5 | [-3.7] | -6.4 | -6.4 | -6.5 |
| ETU70 | [-3.9] | -6.3 | -6.4 | -6.3 |
| 3 | EVA5 | [-4.1] | -6.6 | -6.6 | -6.3 |
| ETU70 | [-4.4] | -6.4 | -6.6 | -6.5 |
| 5 | EVA5 | [-4.4] | -6.7 | -6.8 | -6.8 |
| ETU70 | [-4.2] | -6.5 | -6.5 | -6.7 |
| 10 | EVA5 | [-4.0] | -6.6 | -6.5 | -6.9 |
| ETU70 | [-4.4] | -6.5 | -6.5 | -6.9 |
| 15 | EVA5 | [-4.2] | -6.7 | -6.6 | -6.8 |
| ETU70 | [-4.4] | -6.6 | -6.5 | **-5.9** |
| 20 | EVA5 | [-4.2] | -6.7 | -6.5 | -6.7 |
| ETU70 | [-4.4] | -6.6 | -6.4 | -6.6 |

### 仿真结论

整体来看，18A算法仿真测试结果普遍优于协议性能需求**1.9~2.5dB**，测试结果与仿真结果相差在±0.4dB内，可认为两者性能一致。

从协议性能要求来看，

3M/5M/10M/15M/20M带宽在EVA5和ETU300信道模型下检测性能应基本相同，1.4M带宽检测性能略差。

从仿真结果来看，

除15M ETU70信道模型下测试结果***异常***外，其他结果符合预期。据此初步推断，算法平台ETU信道模型在15M带宽下存在异常。

TDD测试结果与FDD测试结果之差在±0.2 dB。

## PRACH虚检性能

### 基本信息

3GPP对PRACH虚检测试的性能要求为在给定的参数配置下，PRACH发生虚检的概率小于0.1%。

该项测试的参数配置见仿真结果部分。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.8.2‑1 PRACH虚检性能 | | | | |
| 系统参数 | 参考信道参数 |  | | |
| 带宽 [MHz] |
| FDD测试结果 | TDD测试结果 | 仿真结果 |
| 1.4 | Format 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Format 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Format 0 | 0 | 0 | 3.91e-06 |
| 10 | Format 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Format 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | Format 0 | 0 | 0 | 0 |

### 仿真结论

仿真及测试结果一致且符合协议性能需求。TDD测试结果与FDD测试结果相似。

## PRACH单用户检测性能

### 基本信息

3GPP对PRACH检测性能的要求为在给定的参数配置下，PRACH接收端正确检测的概率不小于99%时的SNR值，应该不小于[1]中给定的SNR值。

该项测试的参数配置见仿真结果部分。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.9.2‑1 PRACH单用户检测性能（Format0） | | | | | | | | | |
| 参考信道参数 | 无线传播参数 | | | SNR [dB] | | | | | |
| 传播信道 | FO [Hz] | 带宽[MHz] |  | | |  | | |
| 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 | 104[141]性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| Format0  PRACH\_Normal | AWGN | 0 | 1.4 | [-14.2] | **-14.2** | -16.14 | [-16.9] | - | -18.2 |
| 3 | **-14.8** | -16.15 | - | -18.25 |
| 5 | **-15.1** | -16.04 | - | -18.07 |
| 10 | -16.1 | -16.18 | - | -18.08 |
| 15 | -16.1 | -16.13 | - | -18.24 |
| 20 | -16 | -16.14 | - | -18.03 |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-8.0] | **-7.7** | -9.82 | [-12.1] | - | -13.31 |
| 3 | **-8.6** | -9.67 | - | -13 |
| 5 | **-8.5** | -9.44 | - | -12.9 |
| 10 | -9.3 | -9.47 | - | -12.92 |
| 15 | **-8.7** | -9.29 | - | **-13.63** |
| 20 | -9.2 | -9.05 | - | -12.92 |
| Format0  PRACH\_HST | AWGN | 0 | 1.4 | [-14.1] | - | - | [-16.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-7.4] | - | - | [-11.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 625 | 1.4 | [-12.4] | - | - | [-14.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 1340 | 1.4 | [-13.4] | - | - | [-15.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.9.2‑2 PRACH单用户检测性能（Format1) | | | | | | | | | |
| 参考信道参数 | 无线传播参数 | | | SNR [dB] | | | | | |
| 传播信道 | FO [Hz] | 带宽[MHz] |  | | |  | | |
| 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| Format1  PRACH\_Normal | AWGN | 0 | 1.4 | [-14.2] | - | - | [-16.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-7.8] | - | - | [-12.1] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| Format1  PRACH\_HST | AWGN | 0 | 1.4 | [-14.2] | - | - | [-16.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-7.3] | - | - | [-11.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 625 | 1.4 | [-12.3] | - | - | [-14.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 1340 | 1.4 | [-13.5] | - | - | [-15.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.9.2‑3 PRACH单用户检测性能（Format2) | | | | | | | | | |
| 参考信道参数 | 无线传播参数 | | | SNR [dB] | | | | | |
| 传播信道 | FO [Hz] | 带宽[MHz] |  | | |  | | |
| 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| Format2  PRACH\_Normal | AWGN | 0 | 1.4 | [-16.4] | - | - | [-19] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-10] | - | - | [-14.1] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| Format2  PRACH\_HST | AWGN | 0 | 1.4 | [-16.3] | - | - | [-18.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-9.3] | - | - | [-13.7] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 625 | 1.4 | [-14.4] | - | - | [-16.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 1340 | 1.4 | [-15.5] | - | - | [-17.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.9.2‑4 PRACH单用户检测性能（Format3) | | | | | | | | | |
| 参考信道参数 | 无线传播参数 | | | SNR [dB] | | | | | |
| 传播信道 | FO [Hz] | 带宽[MHz] | 传播信道 | | | FO [Hz] | | |
| 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| Format3  PRACH\_Normal | AWGN | 0 | 1.4 | [-16.5] | - | - | [-18.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-10.1] | - | - | [-13.9] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| Format3  PRACH\_HST | AWGN | 0 | 1.4 | [-16.6] | - | - | [-18.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-9.5] | - | - | [-13.7] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 625 | 1.4 | [-14.4] | - | - | [-16.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| AWGN | 1340 | 1.4 | [-15.7] | - | - | [-17.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表2.9.2‑5 PRACH单用户检测性能（Format4) | | | | | | | | | |
| 参考信道参数 | 无线传播参数 | | | SNR [dB] | | | | | |
| 传播信道 | FO [Hz] | 带宽[MHz] |  | | |  | | |
| 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 | 104性能要求 | 测试结果 | 仿真结果 |
| Format4  PRACH\_Normal | AWGN | 0 | 1.4 | [-7.2] | - | - | [-9.8] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |
| ETU70 | 270 | 1.4 | [-0.1] | - | - | [-5.1] | - | - |
| 3 | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | - |

### 仿真结论

目前，18A算法仅评估了PRACH Format 0的性能。整体来看，仿真性能优于协议性能需求0.8~1.9dB，除红色字体标注处（性能异常项），仿真结果与测试结果相差在±0.2dB，性能基本一致。下面逐项详细分析PRACH 18A算法性能。

* + AWGN信道模型

从协议性能需求来看，

1. PRACH性能与带宽无关，即所有带宽下仿真性能应基本一致;
2. 天线数目从两根增加到四根有2.7dB性能增益。

从仿真和测试结果来看，

1. 仿真结果符合预期1)，测试结果中1.4M/3M/5M不符合预期1)，存在明显***异常***；
2. 仿真结果天线数目从两根增加到四根仅有2dB增益，***小于预期***。
   * ETU 70信道模型

从协议性能需求来看，

1. PRACH性能与带宽无关，即所有带宽下仿真性能应基本一致；
2. 天线数目从两根增加到四根有4.1dB性能增益。

从仿真和测试性能来看，

1. 两天线仿真性能，从20M带宽变化到1.4M，带宽越小仿真性能越好，性能差异最大0.8dB；

两天线测试性能，仅10M/20M测试结果与仿真结果一致，1.4M/3M/5M/15M带宽性能下降较多（大于0.6）且1.4M测试性能不符合104协议（符合141协议需求-7.4dB，冗余仍较小；四天线仿真性能，除15M存在***异常***（仿真性能优于其他带宽约0.7dB）外，其他带宽仿真结果基本一致，符合预期1)；

2）仿真结果天线数目从两根增加到四根又3.5~3.9dB的增益，***略小于预期***。

综上所述，

1. 1.4M/3M/5M/15M测试性能存在***异常***，尤其1.4M**；**
2. 初步推断算法存在一定缺陷

1) AWGN信道虽然带宽间性能差异不大，但是从天线数目从两根增加到四根性能增益较理论值3dB相差较远（1dB）；ETU70信道存在相似问题，天线增益小于协议性能需求中的增益。18A算法中4天线采用了滤波算法（为了抑制存在紧邻PUSCH时的虚检），但门限沿用了原4天线门限，这相当于提高了常规场景下的门限。建议重新评估虚检性能，在保证检测性能下降范围可接受的前提下优化虚检性能；

2) 两天线ETU70信道模型仿真性能建议复测，四天线仿真结果不具有相同规律但不同带宽间差异不大；

3)根据之前其他上行信道ETU信道模型仿真性能的分析，四天线15M带宽性能暂不能排除与仿真平台信道模型相关。

## 协议项性能总结

算法版本开发负责人对当前版本所有协议项的性能进行评估，包括后续版本工作进行的基本思路。

### PUSCH

### PUCCH

### PRACH

# 非协议项性能

## PUCCH Format 2a/b解调性能

### 参数配置

本节基本参数配置同协议项性能测试292.7节，对该项性能的评估内容为：在给定的参数配置下，PUCCH接收CQI的BLER值达到1%时的SNR值，HARQ的BER值达到1%时的SNR值。

该项测试的参考信道为PUCCH Format 2a/2b，测试时配置每个子帧的CQI比特数为4。仿真天线数为两根。其它参数配置见仿真结果部分。

### 仿真结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 表‑1 PUCCH Format 2a/b解调性能 | | | | |
| 系统参数 | 无线传播参数 | SNR [dB] | | | |
| 带宽 [MHz] | 传播信道 | Format 2a | | Format 2b | |
| HARQ | CQI | HARQ | CQI |
| 1.4 | EVA5 |  |  | -3.9 | -4.8 |
| ETU70 |  |  | -3.3 | -4.2 |
| 3 | EVA5 |  |  | -3.8 | -4.4 |
| ETU70 |  |  | -3.9 | -5 |
| 5 | EVA5 |  |  | -4 | -4.2 |
| ETU70 |  |  | -3.4 | -4 |
| 10 | EVA5 |  |  | -3.8 | -4.5 |
| ETU70 |  |  | -3.9 | -4.3 |
| 15 | EVA5 |  |  | -4.1 | -4.7 |
| ETU70 |  |  | -3.3 | -3.9 |
| 20 | EVA5 |  |  | -3.8 | -4.7 |
| ETU70 |  |  | -3.6 | -4.4 |

### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 时偏估计与补偿性能

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### PUCCH格式1

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

#### PUCCH格式2

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 频偏估计与补偿性能

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### PUCCH格式1

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

#### PUCCH格式2

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## SNR估计与等效SNR上报

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### PUCCH格式1

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

#### PUCCH格式2

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PRACH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 抗干扰特性

### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 抗多普勒扩展特性

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 抗时延扩展特性

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 多天线特性

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PRACH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## PUSCH小RB解调

### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## PUSCH的DTX检测

### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 多用户场景

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### PUCCH格式1

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

#### PUCCH格式2

##### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

##### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

##### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PRACH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 高速场景

虽然协议对HST场景有一些性能要求，但这些测试对于评估HST场景还远远不够，尤其是与PUCCH相关的一些性能评估。另外，3GPP没有对LTE-M场景进行定义，我们也需要对该场景的物理层性能进行评估。 注意，与高速相关的性能评估统一在这一节进行描述。

### PUSCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PUCCH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### PRACH

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

### UE级频偏估计

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 版本特性

描述该版本新合入的特性以及对性能造成影响的故障，说明当前版本在那些具体的场景下相较于上个版本有改动/性能优势。每个特性/故障使用独立的一个小节来进行描述。注意，只有在该版本所合入的特性/故障无法在其它章节得到体现的情况下，才会在本章节进行描述（一些比较细节性的改动，只需要体现在当前版本的性能报告中，不需要成为一个固定的章节体现在所有版本的物理层性能报告中）。

### 32Ts定时提前特性

#### 参数配置

清晰的描述1.2.2小节定义的3类参数。

#### 仿真结果

尽量使用表格的形式呈现，必要的问题可以使用图片来说明。

#### 仿真结论

使用1.2.3小节中描述的方法对仿真结果进行客观清晰地评估，给出明确的仿真结论

## 非协议项性能总结

算法版本开发负责人对当前版本所有非协议项的性能进行评估，包括后续版本工作进行的基本思路。

# 附录

我们将一些必要的信息在附录部分进行说明，这些信息包括正文中所述3类测试参数的定义和与版本性能报告直接相关的文档。

## 测试参数配置定义

### 系统参数

3GPP的测试中各测试项的系统参数大多与具体的性能要求一同描述[1]，我们在本报告中基本延续这个基本思路。然而，测试与性能评估中难免会遇到一些系统参数配置比较繁琐的测试项。为了提高对报告中测试结果的阅读性，我们将这些具体的配置列于此处。表6-1至表6-4为PUSCH性能测试时的一些系统参数配置的定义，分别用于PUSCH多径衰落性能测试，PUSCH高速场景性能测试，PUSCH同步干扰场景和PUSCH异步干扰场景性能测试。后续如果需要增加新的系统参数定义，也同样在本小节中进行定义。

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.1‑1 PUSCH多径衰落性能测试系统参数 | |
| Parameter | Value |
| Maximum number of HARQ transmissions | 4 |
| RV sequence | 0, 2, 3, 1, 0, 2, 3, 1 |
| Uplink-downlink allocation for TDD | Configuration 1 (2:2) |

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.1‑2 PUSCH高速场景性能测试系统参数 | |
| Parameter | Value |
| Maximum number of HARQ transmissions | 4 |
| RV sequence | 0, 2, 3, 1, 0, 2, 3, 1 |
| Uplink-downlink allocation for TDD | Configuration 1 (2:2) |
| Subframes in which PUSCH is transmitted | For FDD:  subframe #0 and #8 in radio frames for which SFN mod 4 = 0  subframe #6 in radio frames for which SFN mod 4 = 1  subframe #4 in radio frames for which SFN mod 4 = 2  subframe #2 in radio frames for which SFN mod 4 = 3  For TDD:  subframe #2 in each radio frame |
| Subframes in which PUCCH is transmitted (Note 1, Note 2) | For FDD:  subframe #5 in radio frames  For TDD:  subframe #3 in each radio frame |
| Note 1: The configuration of PUCCH (format 2) is optional.  Note 2: The SNR values per antenna shall be set to -4.5 dB and -1.5 dB for Scenario 1 and 3, respectively. | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表‑3 PUSCH同步干扰场景性能测试系统参数 | | | | | |
| Parameter | | Unit | Tested signal | Interferer 1 (Note 1) | Interferer 2 (Note 1) |
| Maximum number of HARQ transmissions | |  | 4 | N/A | N/A |
| RV sequence | |  | 0, 2, 3, 1, 0, 2, 3, 1 | N/A | N/A |
| DIP (Note 2) | Set 1 | dB | N/A | -1.11 | -10.91 |
| Set 2 | dB | N/A | -0.43 | -13.78 |
| Cell Id | |  | 0 | 1 | 2 |
| Interference model | |  | N/A | As specified in clause B.6.2 | As specified in clause B.6.2 |
| Cyclic Prefix | |  | Normal | | |
| Uplink-downlink allocation for TDD | |  | Configuration 1 (2:2) | | |
| Demodulation reference signal for PUSCH | |  | =0,  =0,  =0  Group hopping and sequence hopping are disabled. | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表‑4 PUSCH异步干扰场景性能测试系统参数 | | | | | | | |
| Parameter | | Unit | | Tested signal | Interferer 1-1  (Note 1) | Interferer 1-2  (Note 1) | |
| Maximum number of HARQ transmissions | |  | | 4 | | N/A | N/A |
| RV sequence | |  | | 0, 2, 3, 1, 0, 2, 3, 1 | | N/A | N/A |
| DIP (Note 2) | | dB | | N/A | | -0.43 | -0.43 |
| Cell Id | |  | | 0 | | 1 | 1 |
| Interference model | |  | | N/A | | As specified in clause B.6.3 | As specified in clause B.6.3 |
| Cyclic Prefix | |  | | Normal | | | |
| Demodulation reference signal for PUSCH | |  | | =0,  =0,  =0  Group hopping and sequence hopping are disabled. | | | |

### 参考信道参数

这一小节我们将文献[1，Annex A Reference Measurement Channels]中相关的参考信道定义进行摘录和简要解释说明。对于非协议项的性能测试，如果需要补充定义新的参考信道，也在本小节进行定义和说明。

#### PUSCH参考信道

PUSCH的编码流程如图4.1-1所示,从这个流程中我们可以看到有用信息在数据信道上的承载方式。对于每一个固定参考信道（FRC），其最大吞吐量（bits/s）为每秒钟发送的FRC子帧数与其payload size的乘积。表4.1-5至表4.1-11为PUSCH性能测试所使用的FRC。



图 4.1‑1 *PUSCH的编码流程示意图*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表‑1 PUSCH FRC参数(QPSK,1/3) | | | | | | | |
| Reference channel | A3-1 | A3-2 | A3-3 | A3-4 | A3-5 | A3-6 | A3-7 |
| Allocated resource blocks | 1 | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| DFT-OFDM Symbols per subframe | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Modulation | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK |
| Code rate | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| Payload size (bits) | 104 | 600 | 1544 | 2216 | 5160 | 6712 | 10296 |
| Transport block CRC (bits) | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Code block CRC size (bits) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 |
| Number of code blocks - C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Coded block size including 12bits trellis termination (bits) | 396 | 1884 | 4716 | 6732 | 15564 | 10188 | 15564 |
| Total number of bits per sub-frame | 288 | 1728 | 4320 | 7200 | 14400 | 21600 | 28800 |
| Total symbols per sub-frame | 144 | 864 | 2160 | 3600 | 7200 | 10800 | 14400 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表4.1.2‑2 PUSCH FRC参数(16QAM,3/4) | | | | | | | | |
| Reference channel | A4-1 | A4-2 | A4-3 | A4-4 | A4-5 | A4-6 | A4-7 | A4-8 |
| Allocated resource blocks | 1 | 1 | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| DFT-OFDM Symbols per subframe | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Modulation | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM |
| Code rate | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| Payload size (bits) | 408 | 376 | 2600 | 6456 | 10680 | 21384 | 32856 | 43816 |
| Transport block CRC (bits) | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Code block CRC size (bits) | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Number of code blocks - C | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Coded block size including 12bits trellis termination (bits) | 1308 | 1212 | 7884 | 9804 | 16140 | 16140 | 16524 | 16524 |
| Total number of bits per sub-frame | 576 | 480 | 3456 | 8640 | 14400 | 28800 | 43200 | 57600 |
| Total symbols per sub-frame | 144 | 120 | 864 | 2160 | 3600 | 7200 | 10800 | 14400 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表‑3 PUSCH FRC参数(64QAM,4/5) | | | | | | | |
| Reference channel | A5-1 | A5-2 | A5-3 | A5-4 | A5-5 | A5-6 | A5-7 |
| Allocated resource blocks | 1 | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| DFT-OFDM Symbols per subframe | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Modulation | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM | 64QAM |
| Code rate | 5/6 | 5/6 | 5/6 | 5/6 | 5/6 | 5/6 | 5/6 |
| Payload size (bits) | 712 | 4392 | 11064 | 18336 | 36696 | 55056 | 75376 |
| Transport block CRC (bits) | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Code block CRC size (bits) | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Number of code blocks - C | 1 | 1 | 2 | 3 | 6 | 9 | 13 |
| Coded block size including 12bits trellis termination (bits) | 2220 | 13260 | 16716 | 18444 | 18444 | 18444 | 17484 |
| Total number of bits per sub-frame | 864 | 5184 | 12960 | 21600 | 43200 | 64800 | 86400 |
| Total symbols per sub-frame | 144 | 864 | 2160 | 3600 | 7200 | 10800 | 14400 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表4.1.2‑4 PUSCH FRC参数(QPSK 0.36) | | | | | | |
| Reference channel | A12-1 | A12-2 | A12-3 | A12-4 | A12-5 | A12-6 |
| Allocated resource blocks | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| DFT-OFDM Symbols per subframe | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Modulation | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK |
| Code rate | 0.36 | 0.36 | 0.36 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| MCS index | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Payload size (bits) | 600 | 1544 | 2600 | 5160 | 7736 | 10296 |
| Transport block CRC (bits) | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Code block CRC size (bits) | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 |
| Number of code blocks - C | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Coded block size including 12bits trellis termination (bits) | 1884 | 4716 | 7884 | 15564 | 11724 | 15564 |
| Total number of bits per sub-frame | 1728 | 4320 | 7200 | 14400 | 21600 | 28800 |
| Total symbols per sub-frame | 864 | 2160 | 3600 | 7200 | 10800 | 14400 |
| NOTE 1: FRC A12-1, A12-2, A12-4, A12-6 are identical to A3-2, A3-3, A3-5, A3-7 respectively. | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表‑5 PUSCH FRC参数(16QAM,1/2) | | | | | | |
| Reference channel | A13-1 | A13-2 | A13-3 | A13-4 | A13-5 | A13-6 |
| Allocated resource blocks | 6 | 15 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| DFT-OFDM Symbols per subframe | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Modulation | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM | 16QAM |
| Code rate | 0.51 | 0. 50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.49 |
| MCS index | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Payload size (bits) | 1736 | 4264 | 7224 | 14112 | 21384 | 28336 |
| Transport block CRC (bits) | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Code block CRC size (bits) | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Number of code blocks - C | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Coded block size including 12bits trellis termination (bits) | 5292 | 12876 | 10956 | 14220 | 16140 | 17100 |
| Total number of bits per sub-frame | 3456 | 8640 | 14400 | 28800 | 43200 | 57600 |
| Total symbols per sub-frame | 864 | 2160 | 3600 | 7200 | 10800 | 14400 |

#### PRACH参考信道

表6-6-1至表6-6-2为PRACH性能测试所使用的参考信道PRACH\_Normal与 PRACH\_HST的参数定义。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表‑6 Test preambles for Normal Mode | | | |
| Burst format | Ncs | Logical sequence index | v |
| 0 | 13 | 22 | 32 |
| 1 | 167 | 22 | 2 |
| 2 | 167 | 22 | 0 |
| 3 | 0 | 22 | 0 |
| 4 | 10 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表‑7 Test preambles for High speed Mode | | | |
| Burst format | Ncs | Logical sequence index | v |
| 0 | 15 | 384 | 0 |
| 1 | 202 | 384 | 0 |
| 2 | 202 | 384 | 0 |
| 3 | 237 | 384 | 0 |

#### PUCCH参考信道

表4.1-13为PUCCH多用户性能测试所使用的参考信道PUCCH\_4UE的参数定义。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表4.1.2‑8 Test parameters for multi user PUCCH case | | | |
|  | Resource index for  PUCCH formats 1/1a/1b | Relative power  [dB] | Relative timing  [ns] |
| Tested signal | 2 | - | - |
| Interferer 1 | 1 | 0 | 0 |
| Interferer 2 | 7 | -3 |
| Interferer 3 | 14 | 3 |
| NOTE1: The following parameters shall be used ,  and .  NOTE2: All above listed signals are transmitted on the same PUCCH resource block, with different PUCCH resource indices as presented above. | | | |

### 无线传播参数

本报告中对无线传播参数的描述均使用文献[1]中Annex B Propagation Conditions部分的定义。ITU-VA信道的定义使用文献[2]中的定义。

#### 静止传播条件

静止环境下，不存在多径和信道衰落，无线传播环境为AWGN环境。

#### 高铁传播条件

3GPP针对高铁传播环境定义了两个具体的场景用于性能测试，分别为：

Scenario 1(HST1)：空旷场景(Open Space)

Scenario 3(HST3)：隧道内场景(Tunnel for Multi-antennas)

上述两个场景的多普勒频移的计算方法是一致的，区别只是在于二者的布站规划上，值得注意的是，不同的布站规划会影响到多普勒频移的大小以及变化速度等参数。对于接收端存在多天线的情况，所述模型假设每个天线上的多普勒频移是完全一样的。多普勒频移的计算方法如下所示，具体的参数定义及取值如表6-8所示。

* 多普勒频移的计算：

Doppler shift for both scenarios is given by:



where  is the Doppler shift and  is the maximum Doppler frequency. The cosine of angle is given by:

, 

, 

, 

where  is the initial distance of the train from BS, and  is BS-Railway track distance, both in meters;  is the velocity of the train in m/s,  is time in seconds.

* 参数配置：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表4.1.3‑1 高速场景测试参数 | | |
| Parameter | Value | |
| Scenario 1 | Scenario 3 |
|  | 1000 m | 300 m |
|  | 50 m | 2 m |
|  | 350 km/h | 300 km/h |
|  | 1340 Hz | 1150 Hz |
| 注意，虽然上述参数中多普勒频移是在Band 1的假设基础上推导的，但在3GPP的性能要求测试里，所有的频点均使用这些参数。 | | |

#### 衰落传播条件

3GPP性能测试使用的信道模型为Correlation-based Channel Model。无线信道参数可以看作是一个4维广义平稳随机过程（时域、频域与2维空间域）。该模型假设时域、频域与空间域是独立的，因此，无线信道参数由其一阶统计特性（衰落的分布）和3个二阶统计特性（时域相关性、频域性格性、空间相关性）来完整描述。

* 衰落的分布

多径衰落为经典的瑞利衰落（Rayleigh fading），且在每一条径上为独立的分布。

* 时域相关性

时域相关性采用多普勒谱（Doppler Spectrum）来描述，并且定义为经典的U型谱（classic Doppler Spectrum），其数学定义为：



其中， f的定义域为[-*fD*, *fD*], *fD*为最大多普勒频移。

* 频域相关性

3GPP定义了3中频域相关性，添加LTE-M测试中使用的频域相关性定义，我们这里共定义4中频域相关性，分别为EPA/EVA/ETU/IVA模型，这些模型的频域相关性由它们的多径时延扩展来描述，如表6-9-1至表6-9-4所示。

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.3‑2 EPA 多径时延扩展 | |
| Excess tap delay[ns] | Relative power [dB] |
| 0 | 0.0 |
| 30 | -1.0 |
| 70 | -2.0 |
| 90 | -3.0 |
| 110 | -8.0 |
| 190 | -17.2 |
| 410 | -20.8 |

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.3‑3 EVA 多径时延扩展 | |
| Excess tap delay [ns] | Relative power [dB] |
| 0 | 0.0 |
| 30 | -1.5 |
| 150 | -1.4 |
| 310 | -3.6 |
| 370 | -0.6 |
| 710 | -9.1 |
| 1090 | -7.0 |
| 1730 | -12.0 |
| 2510 | -16.9 |

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.3‑4 ETU多径时延扩展 | |
| Excess tap delay [ns] | Relative power [dB] |
| 0 | -1.0 |
| 50 | -1.0 |
| 120 | -1.0 |
| 200 | 0.0 |
| 230 | 0.0 |
| 500 | 0.0 |
| 1600 | -3.0 |
| 2300 | -5.0 |
| 5000 | -7.0 |

|  |  |
| --- | --- |
| 表4.1.3‑5 IVA多径时延扩展 | |
| Excess tap delay [ns] | Relative power [dB] |
| 0 | 0.0 |
| 310 | -1.0 |
| 710 | -9.0 |
| 1090 | -10.0 |
| 1730 | -15.0 |
| 2510 | -20.9 |

* 空间相关性

无线传播环境的空间相关性由空间相关矩阵来描述，其定义为



其中，与分别为终端与基站的天线阵列相关矩阵，定义在表6-10-1至表6-10-3中给出。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表‑6 eNodeB天线相关性矩阵 | | |
| One antenna | Two antennas | Four antennas |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表4.1.3‑7 UE天线相关性矩阵 | | |
| One antenna | Two antennas | Four antennas |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表4.1.3‑8 天线相关性参数 | | | | | |
| Low correlation | | Medium Correlation | | High Correlation | |
| α | β | α | β | α | β |
| 0 | 0 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.9 |

#### 干扰信号

由于目前3GPP只定义了PUSCH干扰场景下的性能测试，所以[1]中只针对PUSCH给出了干扰场景性能测试的无线传播参数。非协议项性能评估如果需要定义其它信道性能测试所需的无线传播参数，可遵循3GPP的基本原则，在本节内自行定义。

* DIP的定义

为了描述干扰信号的强度，[1,B.6]中定义了Dominant Interferer Proportion这个概念,用来表示某一个干扰的能量占所有干扰能量与噪声能量之和的比值。如下式所示：

其中，为第i个干扰源的能量，为噪声能量，M为干扰源的个数。

* 同步情况

干扰信号与测试信号同步情况下，所有干扰信号与测试信号在时间上完全同步。每个PUSCH干扰源发送16-QAM调制的随机数据。干扰信号在整个PUSCH发送区域内发送，包括数据与DMRS。

* 异步情况

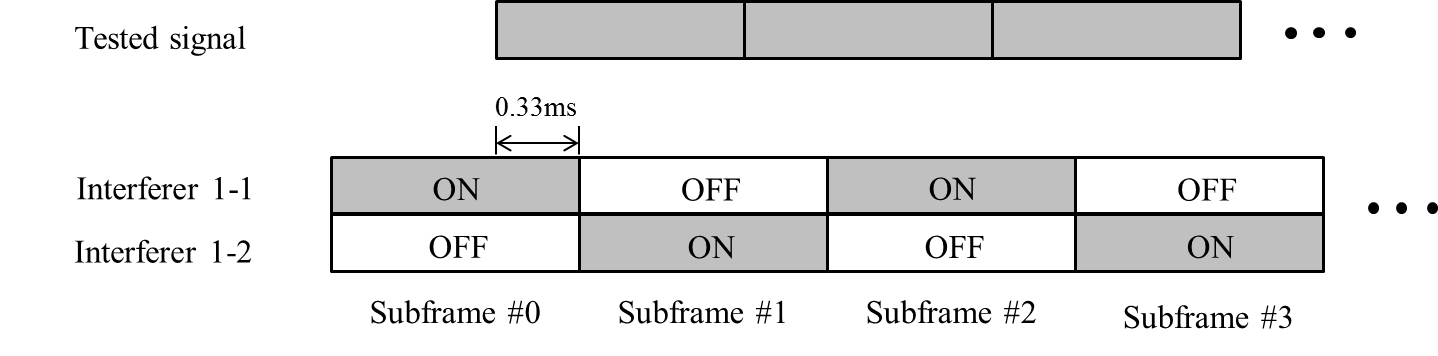
干扰信号与测试信号异步情况下，两个同一小区的干扰源相对测试信号延迟0.33ms，两个干扰源（Interferer 1-1与Interferer 1-2)完全同步且分别在奇数和偶数子帧上发送，如图6-2所示。每个干扰源发送16-QAM调制的随机数据。干扰信号在整个PUSCH发送区域内发送，包括数据与DMRS。

图 4.1‑2 异步干扰示意图

### 历史版本与算法报告

所有反映了物理层各个版本性能演进的文档/报告，包括版本性能报告、性能评估报告、算法分析报告等，原则上都应该在部门SVN上归档。本节内容用来记录清楚这些文档以及它们的版本对应关系。

|  |  |
| --- | --- |
| 历史版本 | SVN地址 |
|  |  |
|  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 算法报告 | 对应版本 | SVN地址 |
| 17A(B)物理层上行信道性能分析报告 | 17A/17B | http://192.168.0.35/Res\_SW/07\_L1开发部/06\_算法相关/01\_版本开发/性能报告 |
|  |  |  |