

LTE 基站性能测试解决方案

罗德与施瓦茨中国有限公司 马志刚

摘要:

随着 LTE 技术的完善和进一步发展, LTE 基站接收机的性能测试(含 HARQ 功能)已经成为目前 LTE 基站测试的难点,基于 R&S 公司 LTE 选件中的自动反馈功能,可以按照 3GPP 的要求完成相应基站接收机的性能测试需求。本文结合 ASTRI 公司的 Femtocell,给出了真实基站的测试结果,可以满足 3GPP 的测试要求。

关键词: LTE 基站; HARQ; 3GPP 36.141; Femtocell, SMU/AMU-K69

1. 简介

随着 LTE 技术的完善和发展,对于 LTE 基站的射频收发测试已经趋于成熟。目前主流的设备厂家都可以根据 3GPP 36.141 的规范完成相应的收发测试。但 36.141 在收发测试的基础上还对基站接收机的性能测试给出了相应的需求(对应规范第八章)。基于此,R&S 公司在原有收发测试方案的基础上率先推出了满足 LTE 基站性能测试的 SMU/AMU-K69 选件,以满足 3GPP 对基站接收机的性能测试要求。

对于 LTE 基站接收机的性能测试,需要验证基站在正常工作状态下的混合自动重传(HARQ)功能,此时需要矢量源产生的上行 LTE 信号可以在和基站的闭环测试状态中,根据基站发送的 ACK 和 NACK 信息对上行信号进行实时的调整。R&S 公司的矢量源 SMU/AMU 在配置相应的 K69 选件后可以方便的满足相应性能测试的需求。这个新功能可以允许测试设备动态的控制发送的数据。根据从被测设备发送给 SMU 的反馈信息,可以实现 ACK/NACK 信号(HARQ 反馈)和时序调整等功能,其工作原理与基站通过空中接口在 PDCCH/PHICH 信道给 UE 发送反馈信息类似。

2. SMU/AMU 自动反馈功能介绍:

根据 3GPP 36.141 规范的要求:LTE 基站接收机的性能测试需要根据 ACK/NACK 指令,测试设备可以实时控制相应 PUSCH 信道编码配置(如冗余版本等),其测试过程完全符合 3GPP 对于真实环境的 HARQ 处理过程。此外对于时序调整功能测试,也可以根据相应的时序控制指令来对 SMU/AMU 产生的上行信号进行提前或延时的时间调整。

目前,R&S 公司支持从被测设备到 SMU/AMU 的反馈模式有三种,分别为二进制(Binary)模式、串行(Serial)模式和串行 3×8(Serial 3×8)模式(对于时序调整功能只能

通过串行或串行 3×8 模式完成)。反馈信号通过 USER1 和 LEVATT 接口送至 SMU/AMU。LTE 选件中的自动反馈功能设置菜单如下图 1 所示:

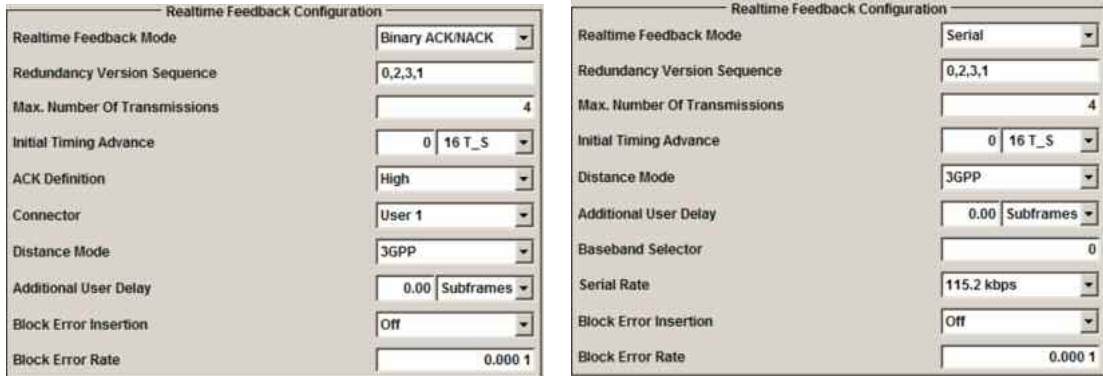


图 1. LTE 选件中的自动反馈功能设置菜单

因为 SMU/AMU 有内置的 Fading 和 AWGN 模块, 因此无需其他的测试设备就可以完成规范定义的测试需求。从被测设备发送至 SMU 的反馈信号可以通过上面几种模式发送。除反馈信号外, 在性能测试中, 还需要在 SMU/AMU 与被测设备之间连接参考信号以消除不同设备之间的频率误差; 另外, 需要由被测设备给 SMU/AMU 提供相应的触发信号进行同步。R&S 的实时反馈功能可以在每一个基带模块中使用。

2.1 反馈模式命令介绍

由基站给出的反馈信号通过 LEVATT 或 USER1 接口送至 SMU/AMU, 反馈信号的阻抗和电压可以通过仪表的“Global Trigger/CLK Setting”进行相应的设置。

对于二进制模式, 只能是 HARQ 反馈命令 (ACK 或 NACK)。仪表直接读出输入接口的高低电平, 根据设置中 ACK 的定义, 来判断是 ACK 或 NACK 信息。

对于串行模式, 一个指令包含一个起始位 (低电平), 16 个比特位 (D0~D15), 一个截至位 (高电平)。传输过程中没有校验位, 由最低位 (D0) 开始传输。串行模式的反馈命令传输速率为 115.2kbps 或 1.92Mbps。在两个连续的命令或最开始的命令之前, 被钳位在高电平 (空闲状态)。

对于串行 3×8 模式, 每个命令需要在 3 个串行命令包中发送。其中的每个串行数据包含一个起始位 (低电平), 八个串行比特和一个截至位 (高电平)。发送中没有校验位。16 个比特数据被分配在 3 组位数为 8 的串行数据中传输。具体的数据格式都有相应的定义。同样的, 这三组串行数据的速率可以为 115.2Kbps 和 1.92Mbps, 在两个连续的命令或最开始的命令之前, 被钳位在高电平 (空闲状态)。串行 3×8 模式的字节定义结构如下图 2 所示



图 2.串行 3×8 模式的字节定义

对于 16 个比特位的反馈命令（适用于串行及串行 3×8 模式），反馈命令具体定义如下表 1 所示：

表 1. 反馈命令格式定义

D15~D14	D13~D11	D10~D0
基带选择	消息类型选择	消息内容

2.2 用户时延设置介绍

在串行和串行 3×8 模式中，额外的用户时延 0 意味着所有的串行反馈命令要在 PDCCH/PHICH 特殊子帧开始 0.1ms 之后和结束 0.1ms 之前的 0.8ms 范围之内把相应的控制命令在通过 PDCCH/PHICH 信道发送完毕。对于串行和串行 3×8 模式，额外的用户时延的范围设置是-1.00~1.99 个子帧。

以串行模式为例，对于每一个子帧，0.8ms 的时间长度可以用于接收相应的接收命令，因此可以在 0.8ms 内发送 1 个或多个控制命令，而且控制命令在 0.8ms 的时间长度内也是任意的。加上起始位和截至位，每个命令为 18 个比特，如果串行速率为 115.2Kbps，则时间长度为 0.15625ms。

下图 3 所示为一个子帧内 SMU 收到的的一个 NACK 信号和一个 Timing Adjustment 信号。

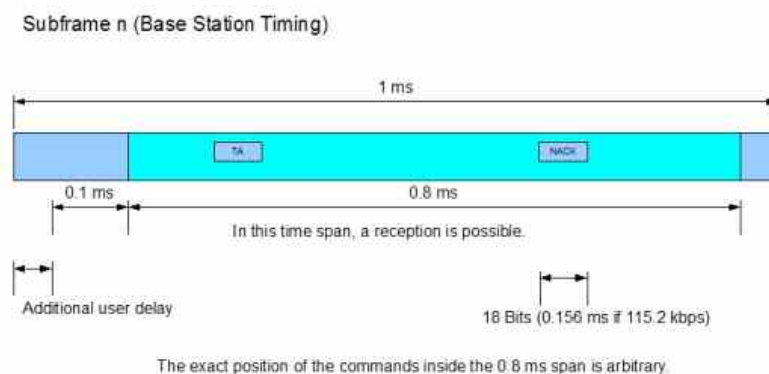


图 3. 一个子帧内存在 NACK 和 TA 命令示意图

如果基站发出的控制命令由于存在 CPU 的时延和其他时钟抖动而在第 n 个子帧开始 1ms 之后到达 SMU，为了保证测试结果的准确性，需要设置额外用户时延偏置 0.4ms，如下图 4 所示：

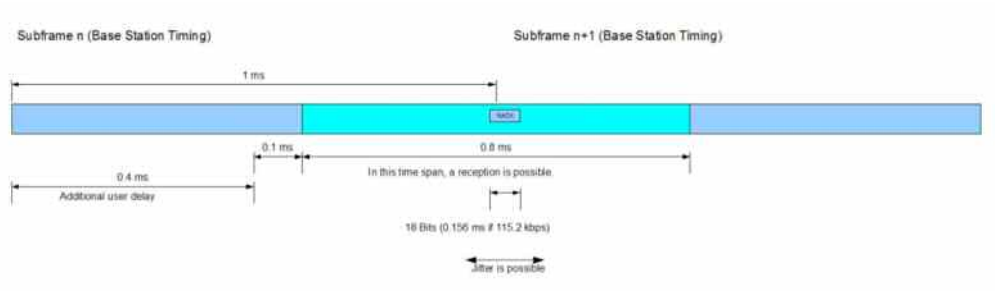


图 4. 存在时延的 NACK 命令示意图

此时 SMU 根据设置判断 1ms 时延后的命令属于第 n 个子帧。SMU 会像真实 UE 在第 n 个子帧收到 NACK 信号一样进行工作。

由于 SMU 的基带采用实时工作模式，因此可以在一个子帧内发送多个相应的 ACK/NACK 和 Timing 指令，如下图 5 所示，两个 18 比特（包含起始位和截至位）的控制指令同时合并成 36 比特指令发送，SMU 根据起始位和截至位判断相应的指令内容。

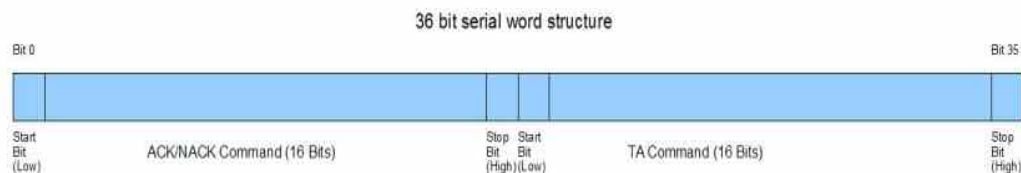


图 5. 两个 18bits 命令合并示意图

3. 基站性能测试实例：

基于 R&S 公司的 LTE 测试解决方案，香港应用科技研究所（ASTRI）研发的 Femtocell 平台已经可以成功完成相应基站测试项目。其测试标准完全符合最新的 3GPP36.141 测试规范，其中包括收发测试及在多径条件下的接收机性能测试。ASTRI 公司的 Femtocell 平台采用串行模式进行相应测试。其测试设备搭建如图 6 所示：



图 6. 基于 AMU 与 Femtocell 的测试平台

对应基站接收机性能测试连接示意图如下图 7 所示：

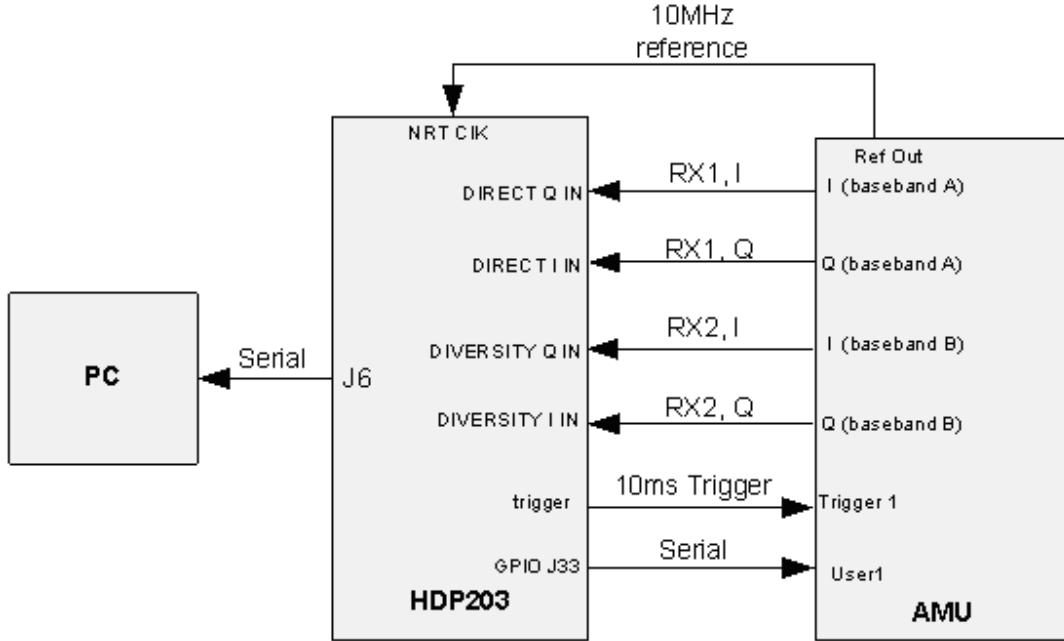


图 7. 基于 AMU 与 Femtocell 的上行接收机性能测试连接示意图

对于基站接收机的性能测试，需要由测试设备产生相应的 TD-LTE 上行信号。目前 R&S 公司的 AMU 基带源和 SMU 矢量源可以支持性能测试所需的上行自动反馈选项。ASTRI 公司的被测设备 Femto，可以根据 3GPP 的要求设置相应的反馈命令。这样可以验证上行信号的 HARQ 和时序调整功能，以模拟真实 UE 和基站之间的反馈过程。此外，也可以在特定的多径条件下测试基站的吞吐量，进而验证被测基站的性能。

如图 8 所示为 3GPP TS 36.141 8.2.1 所需的测试框图，其目的在于在特定多径模式下，基于 HARQ 测试系统的吞吐量，以验证基站接收机的性能。

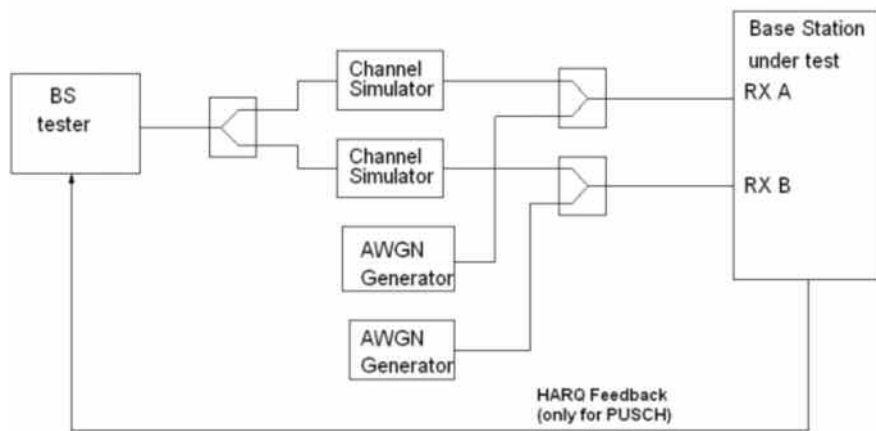


图 8. 基于 GPP TS36.141 8.2.1 测试例连接框图

在常规测试中，除了需要产生支持实时反馈模式的上行 TD-LTE 信号源外，还需要模拟多径的衰落模拟器。因此在测试过程中需要对所有外接线缆引起的时延和损耗都进行相应的校准。而基于双通道 SMU/AMU 的 LTE 选件中自动反馈模式，能够以最简单的配置完成相应的测试需求，如图 9 所示：

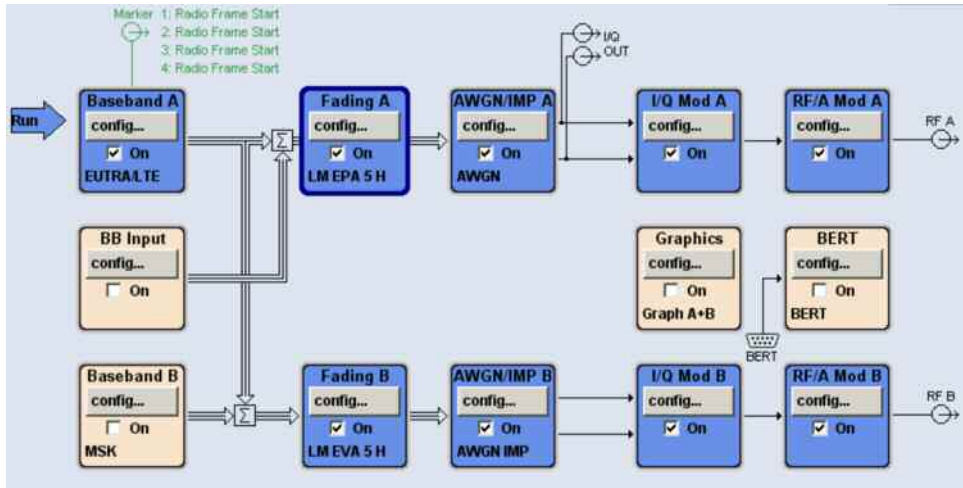


图 9. SMU 实现的 3GPP 36.141 8.2.1 性能测试框图

最终测试结果可以通过控制软件统计的 CRC 误码率得到。如图所示为激活 HARQ 功能时对应的 CRC 误码率和没有激活 HARQ 功能时对应的 CRC 误码率。对于 ASTRI 的测试基站而言，当激活 HARQ 时，其对应 CRC 误码率小于 15%，测试结果如图 10 所示。而没有激活 HARQ 时，其对应 CRC 误码率约为 20%，测试结果如图 11 所示。

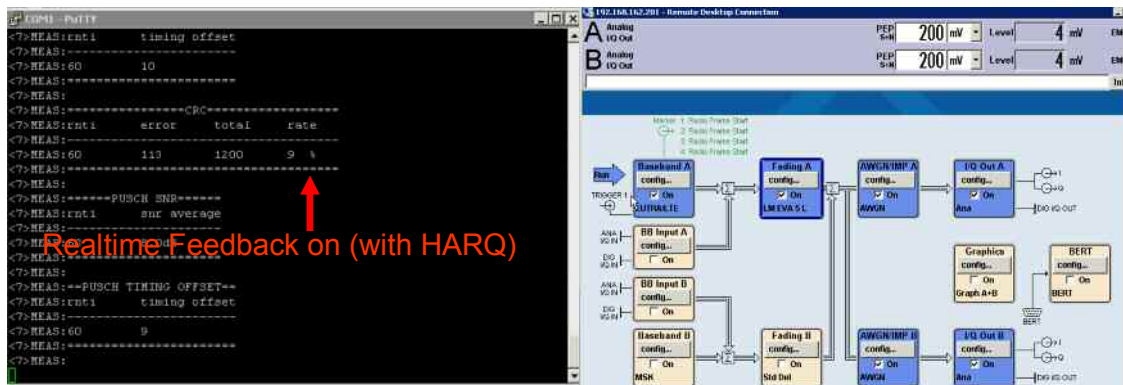


图 10. HARQ 激活时时 8.2.1 测试例对应的 CRC 误码测试结果

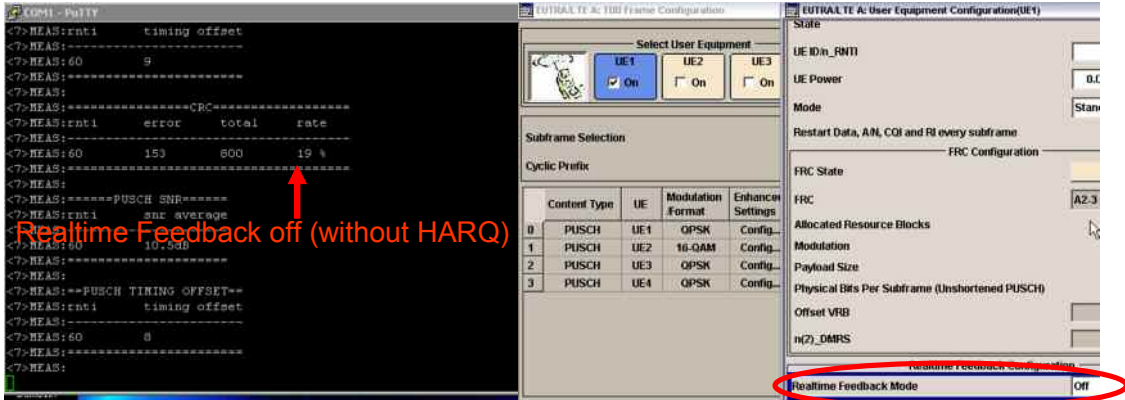


图 11. HARQ 未激活时时 8.2.1 测试例对应的 CRC 误码测试结果

如图 12 所示为 3GPP TS 36.141 8.2.2 测试例所需的测试框图。测试目的在于特定信噪比情况下，对于运动终端时基站的 HARQ 和时序调整功能，及对应的吞吐量变化。

1.3.4 Performance requirement for UL timing adjustment

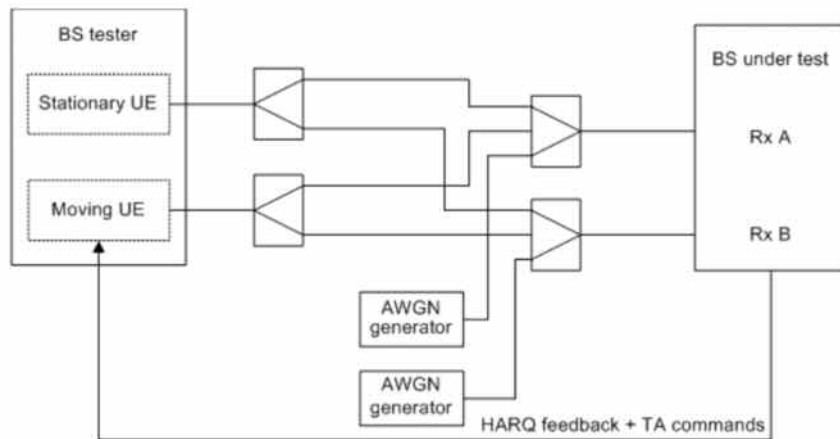


Figure I.3-4: Functional set-up for performance requirement for UL timing adjustment (Scenario 2 case shown)

- NOTE 1: In case of UL timing adjustment Scenario 1, channel simulators needs to be used for fading and Doppler shift emulation.
- NOTE 2: The HARQ feedback and TA commands could be done as an RF feedback or as a digital feedback. The HARQ feedback and TA commands should be error free.

图 12. 基于 3GPP TS 36.141 8.2.2 测试例连接框图

测试中分别由测试设备模拟运动终端和固定终端。常规测试需要两个实时信号源及相应的衰落模拟器。同样设备间的损耗和时延需要进行相应的校准。而基于双通道 SMU/AMU 只用一台仪表就可以完成相应测试。其测试框图如图 13 所示：

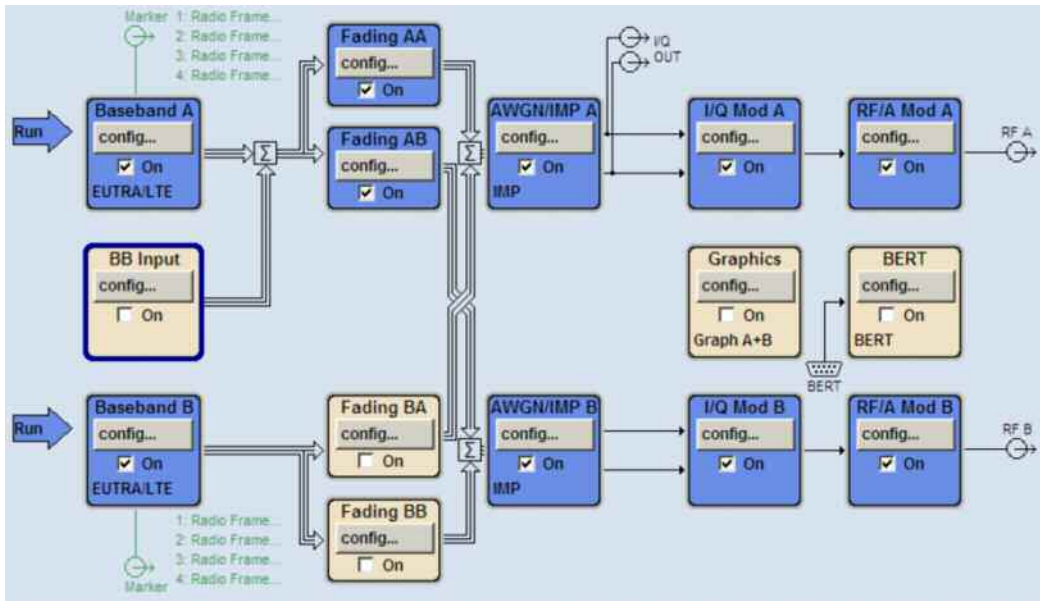


图 13. SMU 实现的 3GPP TS36.141 8.2.2 性能测试框图

对于运动终端的模拟，在 SMU/AMU 可以通过 Moving Propagation 的多径模型来实现，同时可以设置相应的时延等参数，如图 14 所示：

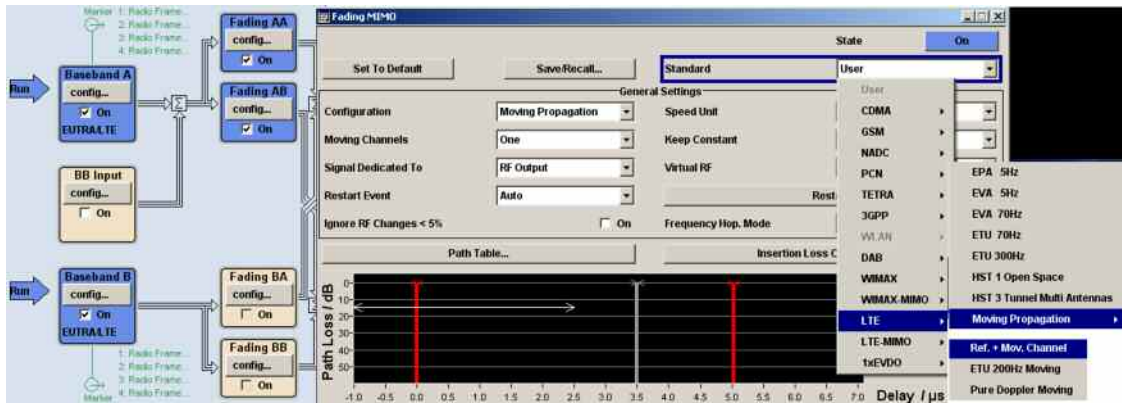


图 14. SMU/AMU 实现的衰落模拟

对于 ASTRI 的 被测基站而言，当 HARQ 和 Timing Adjustment 激活以后，其对应的 TA 在 16 个 T_s 之内，对应 CRC 误码率结果为 0，如下图 15 所示：

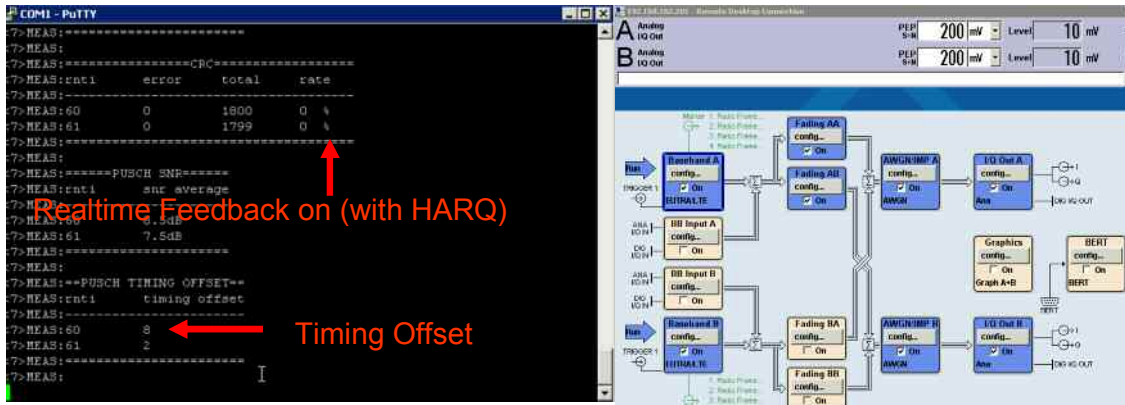


图 15. HARQ 激活时时 8.2.2 测试例对应的 CRC 误码及时序调整测试结果

当没有激活 HARQ 和 Timing Adjustment 功能时，其对应的 TA 在大于 16 个 T_s ，对应 CRC 误码率结果不为 0，如下图 16 所示：

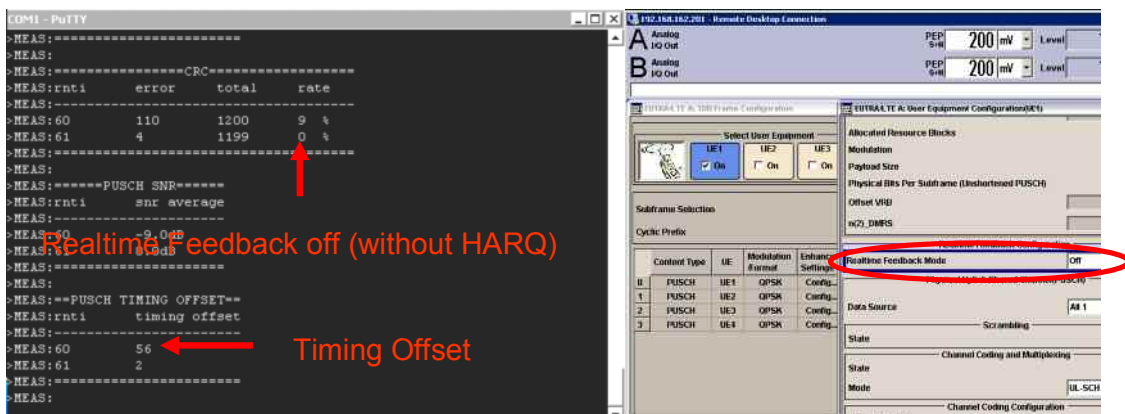


图 16. HARQ 未激活时时 8.2.2 测试例对应的 CRC 误码及时序调整测试结果

除上面提到的测试项目外，另外一个重要的基站性能测试项目是多径衰落条件下的 ACK 检测。此时需要基站的 2 个天线进行分集接收，此时有 4 个测试 UE。其中一个是需要检测的 UE，而其他三个都是干扰 UE。测试框图如下图 17 所示：

I.3.3 Performance requirements for multi user PUCCH in multipath fading conditions

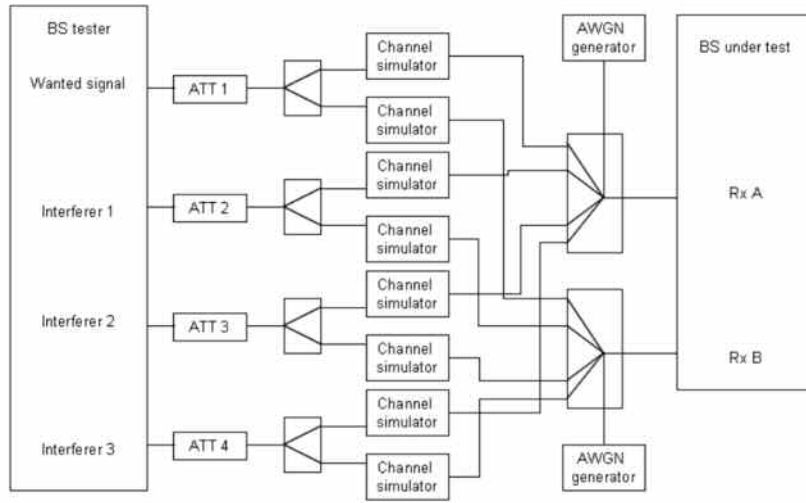


Figure I.3-3: Functional set-up for performance requirements for multi user PUCCH in multipath fading conditions

图 17. 基于图 12. 基于 3GPP TS 36.141 8.2.3 测试例连接框图

从图中可以看出，对于 8.2.3 的测试需要模拟 4 个 UE 个 8 个衰落模拟器，其相应的 AWGN 选项。常规测试设备需要 4 个 LTE 信号源及具有 8 个信道的衰落模拟器。基于双通道的 SMU/AMU 可以以最低配置完成相应的测试需求，如下图 18 所示：

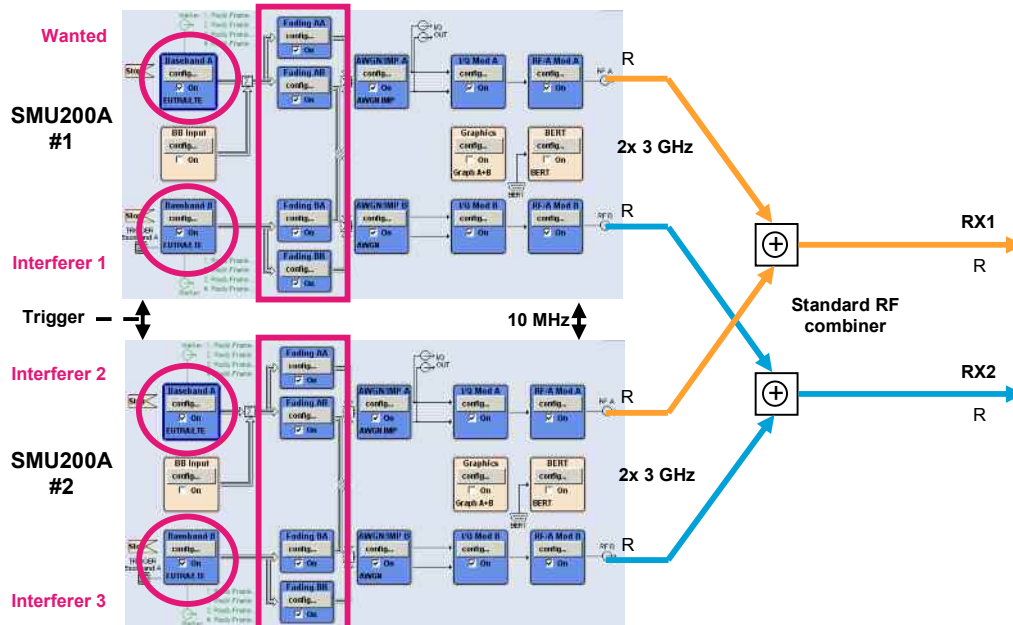


图 18. SMU 实现的 3GPP TS36.141 8.2.3 性能测试框图

从上图可以可知，其配置与 4×2MIMO 设置基本相同，并且不需要设置衰落模拟器之间的相关性。这也是目前业界对于 8.2.3 测试所需的最小配置。

4. 小结:

目前 R&S 公司的测试解决方案可以同时满足 ASTRI 公司 FDD LTE 和 TD-LTE 的测试平台。这也是业界首次基于真实 TD-LTE 基站平台在实时条件下完成 HARQ 和 Timing 功能测试。结合本文给出的实测结果，目前 R&S 公司的基站测试解决方案已经可以完全满足 3GPP TS36.141 的相应测试需求。

5. SMU/AMU 配置清单

Ordering Information		
Vector Signal Generator		
SMU200A		1141.2005.02
SMU-B9	Baseband Generator	1161.0766.02
SMU-B10	Baseband Generator	1141.7007.02
SMU-B11	Baseband Generator	1159.8411.02
SMU-B13	Baseband Main Module	1141.8003.04
SMU-B14	Fading Simulator	1160.1800.02
SMU-B10x	1 st RF path	
SMU-B20x	2nd RF path	
SMU-B15	Fading Simulator Extension	1160.2288.02
SMU-K62	AWGN	1159.8511.02
SMU-K55	Digital Standard LTE/EUTRA	1408.7310.02
SMU-K69	Closed Loop BS Tests	
SMU-K74	MIMO Fading	1408.7762.02

6. 参考文献:

- [1] 3GPP TS 36.211 V9.2.0;
- [2] Rohde & Schwarz: UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction, Application Note 1MA111, September 2008
- [3] Rohde & Schwarz: LTE Measurement Guide, Application Note RSI004, August 2007
- [4] Rohde & Schwarz: RF Chipset Verification for UMTS LTE with SMU200A and FSQ,

Application Note 1MA138, November 2008

[5] Rohde & Schwarz: E-UTRA Base Station Testing acc. to 3GPP TS 36.141,
Application Note 1MA134, December 2008

[6] Rohde & Schwarz: LTE Downlink MIMO Verification with R&S@SMU200A and
R&S@FSQ, Application Note 1MA143, June 2009

[7] 3GPP 长期演进 (LTE) 技术原理与系统设计

[8] ASTRI_039_R&S_Demo_Release_Note