

Keysight 5G Protocol R&D Toolset

Функции и возможности

Партномер: S8701A

Введение

Предпосылки

Индустрия беспроводной связи находится на этапе активного развития. Продолжается внедрение 5G и новых возможностей Release 16. Новые чипсеты и устройства необходимо выводить на рынок с требуемой стоимостью и в требуемые сроки, поскольку сервисы 5G формируют пользовательский опыт, а eMBB выходит на первый план. Новые технологии включают позиционирование NR Release 16 и функции URLLC. 5G создаёт новые задачи, связанные с расширением mmWave-диапазонов, beam management и необходимостью валидации сложных интегрированных устройств нового поколения в Over-the-Air (OTA) тестовой среде.

Сценарии применения 5G постоянно развиваются, поэтому устройства 5G необходимо характеризовать и валидировать на соответствие изменяющимся спецификациям 3GPP NR и планам приёмочных испытаний операторов мобильной связи.

Keysight решает задачи проектирования 5G до наступления очередной технологической волны, выпуская актуальные решения для всей экосистемы устройств. В основе лежит экспертиза в технологиях 5G, решениях и сервисах, позволяющая ускорять разработку устройств нового поколения.

Независимо от того, разрабатывает ли команда protocol stack для чипсета или оценивает производительность в реальных сетевых условиях, Protocol R&D Toolset предоставляет решение, уже проверенное ведущими участниками рынка 5G. Оно позволяет тестировать актуальные функции 5G, включая возможности Release 16, с помощью удобных инструментов и эффективной отладки, сокращая время вывода продукта на рынок.

Что представляет собой Protocol R&D Toolset?

Keysight Protocol R&D Toolset (PRT) представляет собой комплексный набор инструментов для протокольного и прикладного тестирования чипсетов и устройств. Он охватывает весь workflow разработки чипсета и устройства - от раннего тестирования прототипа до интеграции и верификации.

Protocol R&D Toolset позволяет тестировать актуальные функции 5G Release 16, включая энергосбережение, URLLC, beamforming, NR Positioning, conditional handovers и другие mobility scenarios. С помощью L2 Mode можно эффективно тестировать Layer 2 до полной реализации всего стека, выполняя отдельное протокольное тестирование Layer 2. Это позволяет находить и устранять проблемы раньше в цикле разработки и снижать затраты R&D.

В настоящее время Protocol R&D Toolset поддерживает два типа прикладного тестирования: high data rate performance, например сценарии eMBB, и Audio Quality. Возможность Audio Quality testing позволяет проверять соответствие протокола и измерять качество с использованием MOS scores.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Protocol R&D Toolset позволяет эмулировать реальную сеть, создавать и выполнять тесты для проверки взаимодействия чипсета или устройства с сетью. После выполнения тестов автоматически формируются подробные логи, что упрощает поиск неисправностей.

Добавление PRT Modules существенно упростило разработку и сопровождение скриптов. Keysight продолжает развивать удобство использования за счёт этих улучшений приложения.

Кому полезен Protocol R&D Toolset?

- Производителям чипсетов и устройств - для раннего тестирования отдельных уровней или полного protocol stack, а также функциональных и regression tests.
- Испытательным лабораториям - для regression testing.
- Университетам и исследовательским институтам - для научно-исследовательских работ.

Автоматизированные и гибкие средства тестирования и отчётности

Protocol R&D Toolset позволяет выполнять тестирование несколькими способами. Например, можно:

- Создавать и редактировать тесты в соответствии с собственными требованиями и запускать их вручную или в автоматизированном режиме.
- Разрабатывать повторно используемые модули и применять их в различных скриптах. При добавлении новой функции или улучшении модуля быстрое обновление позволяет актуализировать все использующие его скрипты.
- Разрабатывать тест с доступом к protocol state machine и в соответствующем состоянии изменять параметры Layer 1 и Layer 2 непосредственно во время выполнения теста. Это позволяет проверять взаимодействие Layer 1 сети с Layer 1 устройства и Layer 2 сети с Layer 2 устройства. Для полного тестирования Layer 1 используется отдельное приложение - [Test Application](#).
- Разрабатывать тесты в L2 Mode, что полезно, когда Layer 3 в чипсете или устройстве ещё не реализован.

Далее описываются создание, редактирование и запуск тестов в Protocol R&D Toolset, изменение параметров Layer 1 и Layer 2 во время выполнения, режим L2, средства логирования, а также конфигурации системы для sub-6 GHz и mmWave.

Пользовательский интерфейс для быстрого создания, редактирования и выполнения тестов

Для работы с 5G Protocol R&D Toolset не требуется знание программирования. Графический интерфейс упрощает создание, редактирование и выполнение тестов в соответствии с конкретными требованиями. Строительные блоки теста называются script elements. Новый тест создаётся простым перетаскиванием нужных script elements в рабочую область, где загружается скрипт. Для каждого script element можно настроить конкретные параметры.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

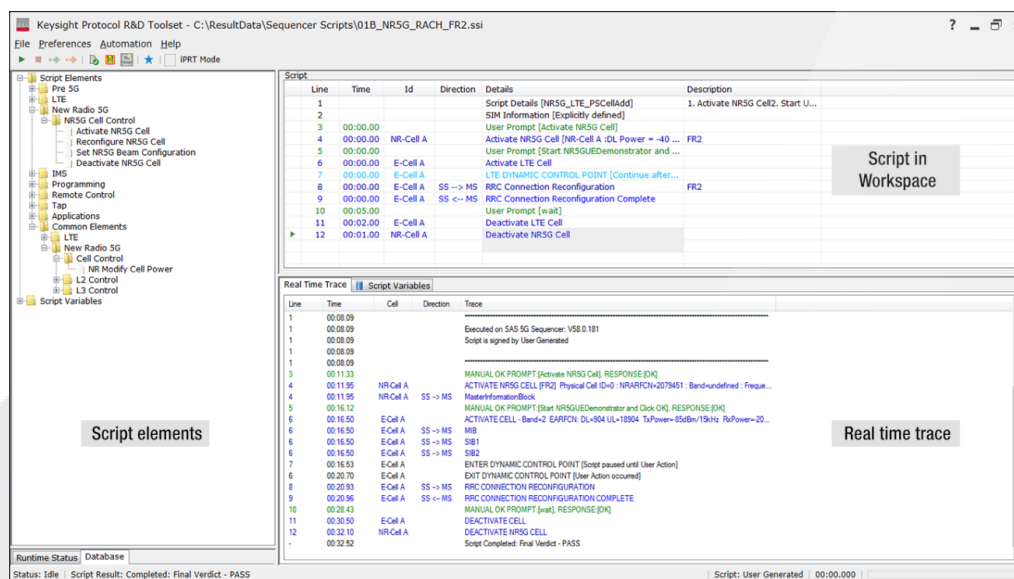


Рисунок 1. Графический интерфейс 5G Protocol R&D Toolset упрощает создание, редактирование и выполнение новых тестов.

С каждым выпуском программного обеспечения поставляются примеры скриптов, охватывающие основные функции toolset. Эти скрипты можно быстро редактировать для создания пользовательских тестов в соответствии с требованиями конкретного проекта.

Script elements для создания пользовательских тестов

Гибкость toolset позволяет настраивать script elements при создании или изменении скрипта. Доступны элементы для управления сотой, сообщений RRC и NAS, конфигурации beam и iPerf для тестирования пропускной способности данных.

Программные команды позволяют проверять information elements в uplink messages и подтверждать, что UE передаёт корректную информацию, обеспечивая соответствие поведения устройства test specification. После создания скрипт можно выполнять многократно.

С помощью Keysight Test Manager можно создавать campaigns для автоматического выполнения нескольких сотен скриптов, что особенно удобно для regression testing.

Line	Time	Id	Direction	Details	Description
1				Script Details [NR5G_LTE_PSCellAdd]	1. Activate NR5G Cell2. Start U...
2				SIM Information [Explicitly defined]	
3	00:00:00			User Prompt [Activate NR5G Cell]	
4	00:00:00	NR-Cell A		Activate NR5G Cell [NR-Cell A :DL Power = -40 dBm/75kHz]	FR2
5	00:00:00			User Prompt [Start NR5GUEDemonstrator and Click OK]	
6	00:00:00	E-Cell A		Activate LTE Cell	
7	00:00:00	E-Cell A		LTE DYNAMIC CONTROL POINT [Continue after User Action]	
8	00:00:00	E-Cell A	SS --> MS	RRC Connection Reconfiguration	FR2
9	00:00:00	E-Cell A	SS <-- MS	RRC Connection Reconfiguration Complete	
10	00:05:00			User Prompt [wait]	
11	00:02:00	E-Cell A		Deactivate LTE Cell	
12	00:01:00	NR-Cell A		Deactivate NR5G Cell	

Рисунок 2. Пример теста в Protocol R&D Toolset.

Конфигурация соты для настройки ключевых параметров сети

Доступны cell configuration script elements для 5G NR, включая Release 16, и LTE. В диалоговом окне конфигурации соты можно задавать такие параметры, как band, ARFCN и мощность соты. Каждый script element содержит параметры одной конкретной соты.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Конфигурация соты позволяет воспроизводить реальную сеть, включая в скрипт несколько сот с различными настройками.

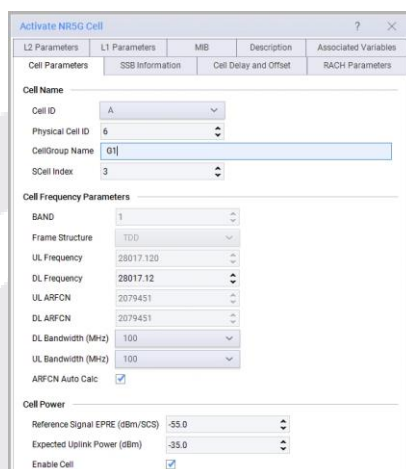


Рисунок 3. Пример диалогового окна конфигурации соты 5G NR.

Dynamic Control Point для более точной эмуляции действующей сети

Добавление Dynamic Control Point (DCP), являющегося одним из типов script element, позволяет получить доступ к встроенной protocol state machine и повышает гибкость тестирования. Network emulator ведёт себя как действующая сеть: принимает любые uplink messages и отвечает соответствующими downlink protocol messages.

Для Dynamic Control Point важно настроить exit condition. Например, условием выхода может быть сообщение Attach Complete: после его получения скрипт завершает DCP и переходит к следующей строке теста. DCP также можно настроить так, чтобы пользователь самостоятельно определял момент выхода, нажав соответствующий значок.

Dynamic Control Point можно использовать для разных задач:

- Быстро находить интересующую часть скрипта. Например, при тестировании data throughput нет необходимости подробно проверять каждое сообщение процедуры attach: можно вставить DCP, а затем детально анализировать содержимое сообщений в части скрипта, относящейся к data throughput.
- Выполнять раннее тестирование разработки, при котором требуется изменять параметры Layer 1 и Layer 2. Для этого используются Live Elements - script elements, доступные только в DCP. После завершения тестирования с Live Elements можно выйти из DCP; в этом случае DCP настраивается так, чтобы момент выхода определял пользователь.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

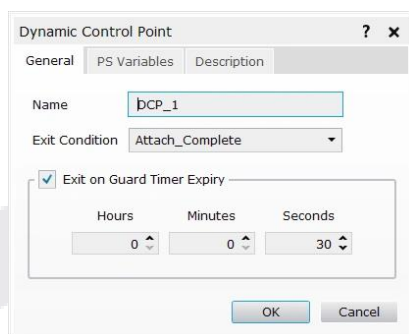


Рисунок 4. Script element для Dynamic Control Point.

L2 Mode

L2 Mode позволяет тестировать чипсет, в котором Layer 3 ещё не реализован. Конфигурация L2 для уровней PDCP и RLC выполняется с помощью script element. Примеры тестов:

- Отправка дублированных PDU на устройство и проверка того, что устройство корректно подтверждает один из дублированных пакетов.
- Отправка PDU на устройство с пропуском последовательности PDU для проверки реакции устройства.
- Отправка PDU в неправильном порядке и проверка того, что устройство подтверждает пакеты в корректной последовательности.
- Проверка принятых данных относительно PDU payload, определённых в script element режима L2.

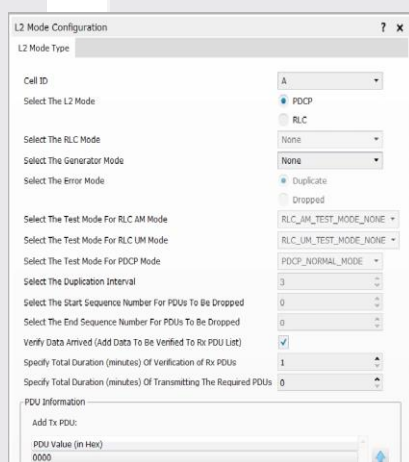


Рисунок 5. Script element для тестирования L2.

Live Elements для динамического тестирования параметров нижних уровней

Live Elements можно использовать в Dynamic Control Point, что позволяет настраивать параметры Layer 1 и Layer 2 во время выполнения теста.

Эта возможность полезна в нескольких случаях:

- Live Elements отображают параметры, настроенные в скрипте, позволяя видеть используемые параметры Layer 1 и Layer 2. По мере выполнения скрипта Live Elements отображают обновлённые значения, которые можно изменять непосредственно во время выполнения теста.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- Пользователь может изменять параметры Layer 1 и Layer 2 в середине скрипта. Это позволяет проверять параметры L1↔L1 и L2↔L2 между устройством и сетью. Изменённые параметры можно сохранить в скрипте для последующего запуска.

PRT Modules для быстрой разработки и сопровождения скриптов

- Modular PRT является расширением стандартного PRT и ориентирован на задачи написания скриптов на уровне процедур.
- Он позволяет организовать группу функций, представленных script elements PRT, в повторно используемый модуль. Эти модули можно использовать при построении PRT test scripts; при написании скрипта пользователь может сочетать PRT modules и обычные script elements.
- Обеспечивает эффективное управление и обновление скриптов.
- Modular PRT предоставляет тот же уровень параметризации, что и стандартный PRT, но преимущества параметризации выражены сильнее.
- Правильное сочетание вариантов модулей с аналогичной функциональностью и степени параметризации позволяет эффективно управлять библиотеками скриптов по мере развития спецификаций и появления новых функций.

Modular PRT спроектирован так, чтобы конечный пользователь мог самостоятельно разрабатывать и управлять собственными модулями.

Line	Time	Id	Direction	Details	Description
1				Script Details [Untitled]	
2				SIM Information [Explicitly defined]	
LTE_Cell_Activation.ksscm (14.1)					
3				Comment [//Module: LTE Cell Activation]	
4				Adjust Variable - Ecell_Bandwidth_IE = Ecell_Bandwidth	
5				IF Condition (((LTE_Band >= 33) && (LTE_Band <= 48)))	LTE Band (33 to 48)
6				IF Condition ((Enable_256QAM == "YES"))	
7	00:00.00	E-Cell A	NONE	Activate LTE Cell [E-Cell A]	256QAM enabled for TDD band
8				ELSE Condition	
9	00:00.00	E-Cell A	NONE	Activate LTE Cell [E-Cell A]	256QAM disabled for TDD band.
10				ENDIF Condition	
11				ELSE Condition	
12				IF Condition ((Enable_256QAM == "YES"))	
13	00:00.00	E-Cell A	NONE	Activate LTE Cell [E-Cell A]	256QAM enabled for FDD band
14				ELSE Condition	
15	00:00.00	E-Cell A	NONE	Activate LTE Cell [E-Cell A]	256QAM disabled for FDD band
16				ENDIF Condition	
17				ENDIF Condition	
LTE_Attach.ksscm (14.2)					
18				Comment [//This module is used for LTE Attach with NR PDCP/LTE PDCP based on the PDCP type.	
19	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	RRC Connection Request	
20				IF Condition (((LTE_Band >= 33) && (LTE_Band <= 48)))	Band is TDD band, so apply TDD sp
21	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	RRC Connection Setup	
22				ELSE Condition	
23	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	RRC Connection Setup	
24				ENDIF Condition	
25	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	RRC Connection Setup Complete	
26	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	Attach Request	
27	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	PDN Connectivity Request	
28				IF Condition ((AttachIdentity != "eEps_mobile_identity_type_imsi"))	
29	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	Identity Request	
30	00:20.00	E-Cell A	SS <- MS	Identity Response	
31				ENDIF Condition	
32	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	Authentication Request	
33	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	Authentication Response	
34	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	NAS Security Mode Command	
35	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	NAS Security Mode Complete	
36	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	RRC Security Mode Command	
37	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	RRC Security Mode Complete	
38				IF Condition ((ESM_Info_required == "eEsm_information_transfer_flag_protectedEsmTransferRequ	
39	00:00.00	E-Cell A	SS -> MS	ESM Information Request	
40	00:00.00	E-Cell A	SS <- MS	ESM Information Response	
41				ENDIF Condition	

Рисунок 6. Рабочая область PRT с модулями для эффективного написания и сопровождения test scripts.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Test Manager и автоматизация выполнения крупных тестовых кампаний

Test Manager предоставляет удобную среду для создания и обновления campaigns тестов, выполняемых последовательно. Campaign можно сохранить и повторно запустить для проверки того же устройства с другой версией firmware или для совершенно другого устройства.

Test Manager также позволяет параметризовать тесты, переопределяя отдельные параметры во время выполнения. Например, один и тот же тест можно запускать в разных диапазонах.

Тесты можно автоматизировать с помощью Keysight Terminal Automation Gateway или пользовательского automation tool. Test Manager позволяет быстро просматривать результаты с verdict, запускать log files выполнения и создавать отчёты в форматах Excel или HTML.

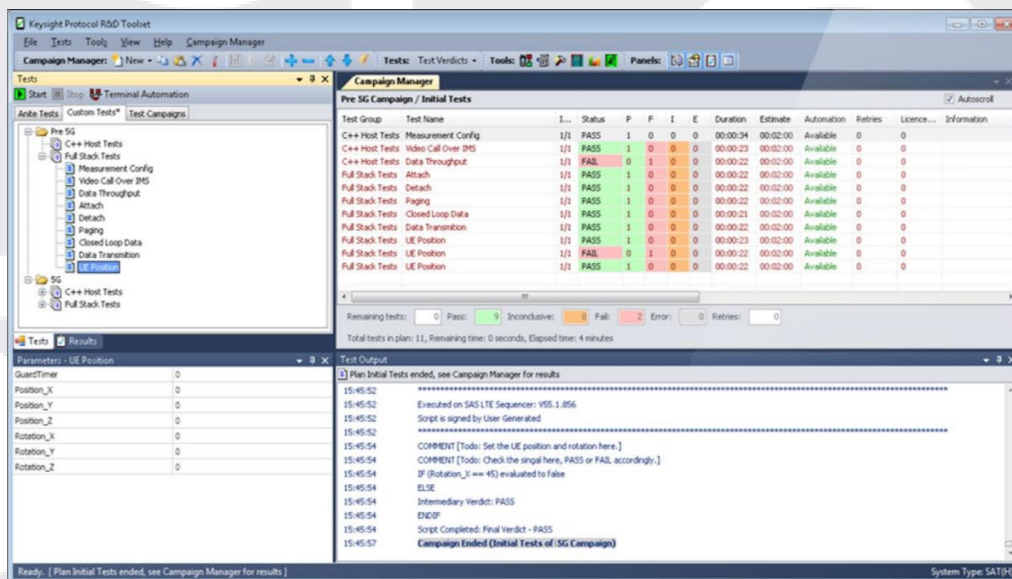


Рисунок 7. Test Manager позволяет выполнять campaign тестов.

Real Time Trace для просмотра signaling trace во время выполнения

Real Time Trace (RTT) отображает signaling trace во время выполнения теста. Удобочитаемый trace сохраняется в RTT log. В частности, отображается:

- Активные соты и продолжительность их активности.
- Информация о соте, включая NR ARFCN, распределение каналов, уровни мощности, синхронизацию и relative frequency offset.
- Trace сообщений Layer 3, которыми сеть и устройство обмениваются в реальном времени. Сообщения представлены в виде упрощённой sequence chart; их можно декодировать для просмотра информации Layer 2.
- Progress и error messages: Protocol R&D Toolset сообщает об ошибках связи, protocol errors и состоянии системы, а также запрашивает действия пользователя, например включение или выключение мобильного устройства.
- Measurement reports от устройства.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Line	Time	Cell	Direction	Trace
1	00:09.05			#Source: C:\MksSandbox\SASNR5G_Trunk\SAS5G/Build/AniteSAS/ResultData/Sequencer Scri...
1	00:09.05			#File: C:\AniteSAS\ResultData\Sequencer Scripts\01B_NR5G_RACH_FR2.ssi #
1	00:09.05			-----
1	00:09.05			Executed on SAS 5G Sequencer: V58.0.168
1	00:09.05			Script is signed by User Generated
1	00:09.05			-----
3	00:15.94			MANUAL OK PROMPT:[Activate NR5G Cell], RESPONSE:[OK]
4	00:16.54	NR-Cell A		ACTIVATE NR5G CELL [FR2] Physical Cell ID=0 : NRARFCN=2079451 : Band=undefined : Freque...
4	00:16.54	NR-Cell A	SS -> MS	MasterInformationBlock
5	00:21.24			MANUAL OK PROMPT:[Start NR5GUEDemonstrator and Click OK], RESPONSE:[OK]
6	00:21.66	E-Cell A		ACTIVATE CELL - Band=2 EARFCN: DL=904 UL=18904 TxPower=-85dBm/15kHz RxPower=-20...
6	00:21.66	E-Cell A	SS -> MS	MIB
6	00:21.66	E-Cell A	SS -> MS	SIB1
6	00:21.66	E-Cell A	SS -> MS	SIB2
7	00:21.68	E-Cell A		ENTER DYNAMIC CONTROL POINT [Script paused until User Action]
6	00:27.63	E-Cell A		EXIT DYNAMIC CONTROL POINT [User Action occurred]
8	00:27.85	E-Cell A	SS -> MS	RRC CONNECTION RECONFIGURATION
9	00:27.87	E-Cell A	SS -> MS	RRC CONNECTION RECONFIGURATION COMPLETE
10	00:35.69			MANUAL OK PROMPT:[wait], RESPONSE:[OK]
11	00:37.77	E-Cell A		DEACTIVATE CELL
12	00:39.46	NR-Cell A		DEACTIVATE NR5G CELL
-	00:39.48			Script Completed: Final Verdict - PASS

Рисунок 8. Real Time Trace - отображение signaling trace во время выполнения теста.

Основные средства логирования

Для каждого выполненного теста toolset генерирует данные о тестовой активности и диагностическую информацию, сохраняемую в log files. Данные можно просматривать и анализировать как во время выполнения теста, так и после его завершения.

Log Viewer для поиска неисправностей

Log Viewer позволяет просматривать все уровни протокола - PHY, MAC, RLC, PDCP и RRC - в одном log. Удобный графический интерфейс отображает несколько окон в одном представлении. Функция фильтрации позволяет просматривать только интересующие protocol layers и test information. Можно использовать стандартные фильтры или создавать пользовательские. Bookmarks позволяют возвращаться к любой записи в log; вкладка Bookmarks отображает все созданные закладки.

В Log Viewer могут регистрироваться следующие записи:

- Сообщения протоколов LTE и NR для всех protocol layers: PHY, MAC, RLC, PDCP и RRC.
- Вся информация, передаваемая и принимаемая через air interface, записанная на границе MAC/PHY.
- Управляющая информация, например активация и деактивация физических и транспортных каналов.
- Test System Diagnostic Data.

При написании теста в Protocol R&D Toolset можно выбрать, какие protocol layers записывать в Log Viewer. Результаты тестов можно анализировать как на test system PC, так и на отдельном PC, освобождая test system PC исключительно для запуска тестов.

Log Viewer является общим инструментом логирования, используемым и в других решениях Keysight Network Emulation, включая [RF DVT Toolset](#) и [Functional KPI Toolset](#).

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

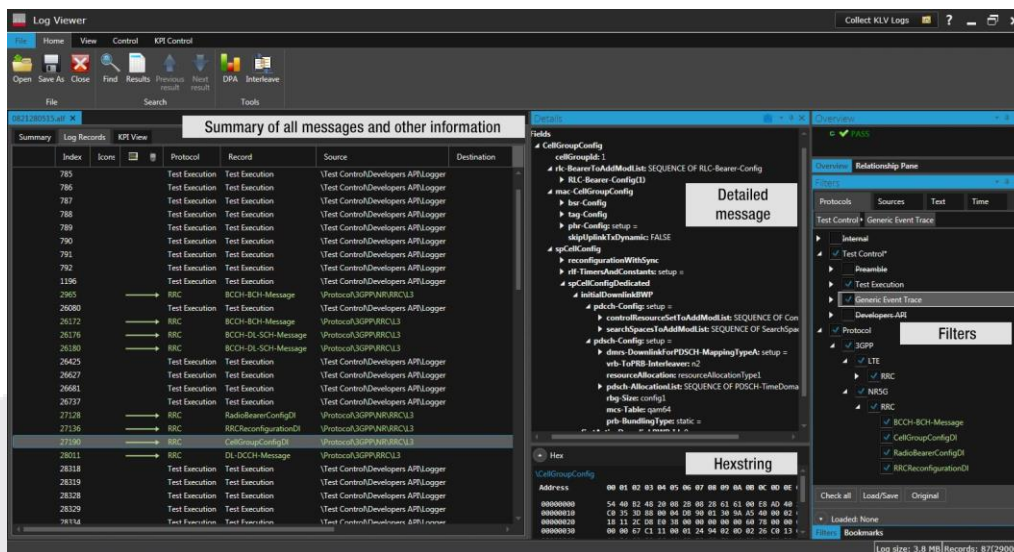


Рисунок 9. Log Viewer используется для отладки.

Dashboard Viewer для эффективной отладки

Dashboard Viewer позволяет отображать predetermined или пользовательские графики на основе списка KPI, записанных в Log Viewer. Графики и данные различных KPI можно отображать совместно в одном dashboard.

KPI могут выводиться численно или графически. Параметр style позволяет выбирать тип графика, например histogram, time graph или scatter graph. Dashboard Viewer можно запускать как во время выполнения теста, так и после его завершения.



Рисунок 10. Dashboard Viewer отображает графические данные KPI в одном представлении.

Аппаратная платформа

Protocol R&D Toolset работает на [Keysight E7515B UXM 5G Wireless Test Platform](#), которая может эмулировать соты 5G NR и LTE. Требуемая конфигурация системы зависит от:

- Используемых частот: sub-6 GHz, mmWave или IF.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- Требуемых возможностей теста, например количества component carriers и конфигурации MIMO.

Один или несколько аппаратных компонентов, показанных на рисунке 11, входят в тестовую конфигурацию для 5G NR.

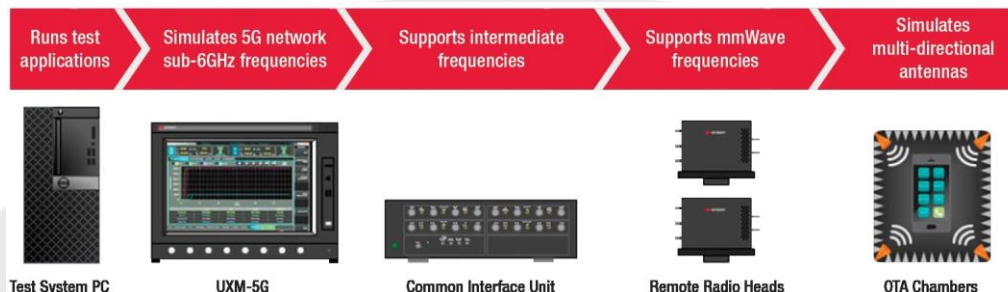


Рисунок 11. Аппаратные компоненты тестовой системы 5G NR.

Тестовая конфигурация для sub-6 GHz

Для типовой конфигурации на частотах sub-6 GHz в режиме Standalone (SA) или Non-Standalone (NSA) программное обеспечение Protocol R&D Toolset устанавливается на test system PC, соединённый с UXM-5G network emulator через switch.



Рисунок 12. Тестовая конфигурация sub-6 GHz в режиме Standalone или Non-Standalone.

Расширение возможностей системы

Модульная и масштабируемая тестовая система позволяет добавить ещё один UXM 5G network emulator для расширения возможностей, например для тестирования дополнительных component carriers и конфигураций MIMO.

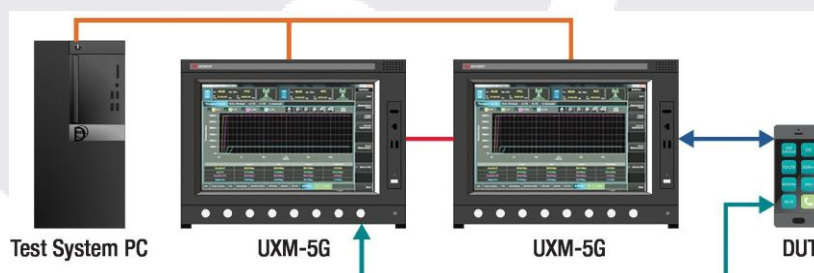


Рисунок 13. Тестирование sub-6 GHz с расширенными возможностями.

Тестовая конфигурация для mmWave

Использование mmWave-спектра создаёт сложности с качеством сигнала, поскольку на mmWave-частотах выше потери распространения и проникновения. Устройства, поддерживающие эти

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

частоты, имеют сложную конструкцию со встроенными антенными решётками, поэтому требуется Over-The-Air (OTA) testing.

Для такой конфигурации необходим [UXM 5G network emulator](#), [Common Interface Unit \(CIU\)](#) и не менее двух [Remote Radio Heads \(RRH\)](#), используемых для преобразования sub-6 GHz в mmWave. К одному Common Interface Unit можно подключить до восьми Remote Radio Heads.

Также можно использовать CIU без RRH для формирования 6-12 GHz при IF testing. Система, описанная в исходном документе, поддерживает mmWave-частоты 28, 39 и 43 ГГц; в документе указано, что дополнительные mmWave-частоты планировались к поддержке в будущем.

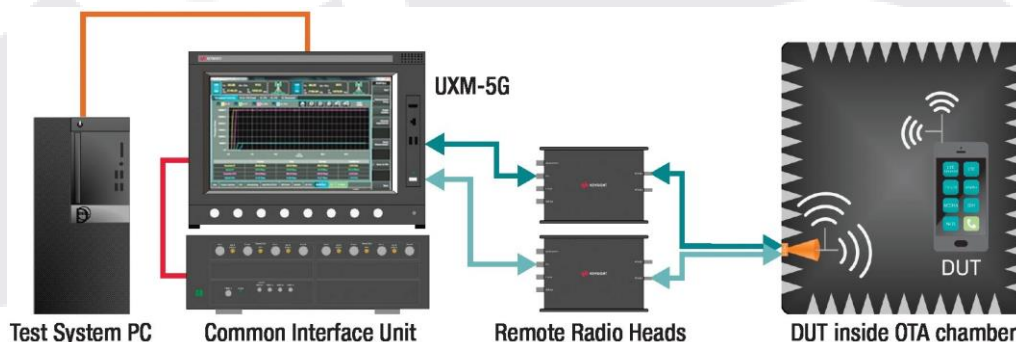


Рисунок 14. Тестовая конфигурация mmWave включает CIU, не менее двух RRH и OTA chamber.

Интегрированные OTA-возможности для sub-6 GHz и mmWave

Keysight совместно с сетью партнёров по решениям предоставляет end-to-end Over-the-Air (OTA) test capability для характеристики и валидации чипсетов, устройств и сетевого оборудования на частотах sub-6 GHz и mmWave. Системные интеграторы, производители устройств и сетевого оборудования используют OTA test solutions и экспертизу Keysight для разработки решений, соответствующих требованиям отраслевых организаций, включая CTIA, 3GPP и CCSA, а также крупных мобильных операторов.

Keysight объединяет measurement science, экспертизу приложений, общие программные инструменты, automation solutions и тестовые платформы, предоставляя экосистеме беспроводной связи end-to-end OTA test capability.

OTA test solutions для устройств и их компонентов предназначены для широкого спектра RF-, demodulation- и functional performance test requirements по всему workflow разработки, acceptance и manufacturing для 5G New Radio (NR) design validation.

Комбинация аппаратных и программных решений поддерживает широкий набор MIMO OTA methodologies для повторяемой эмуляции реалистичных условий распространения при performance testing оборудования и его компонентов. Поддерживаемые OTA test environments включают Compact Antenna Test Range (CATR), multi-probe anechoic chambers (MPAC), reverberation chamber (RC+CE) и Radiated Two-Stage (RTS).

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.