

**И.И. Власов, М.М. Птичников, Д.В. Сладких**

## **Тестирование кабельных линий, как важнейший этап внедрения технологий xDSL.**

Методика тестирования кабельных сетей, в том числе и сетей доступа, достаточно подробно рассматривается в технической литературе. Однако существует ряд специфических особенностей подготовки сетей к внедрению технологий DSL. Для операторов связи стратегия предоставления услуг DSL подразумевает необходимость концентрироваться на задаче наиболее быстрого предоставления услуг с наименьшими затратами. Решить эту проблему помогает как использование высокоэффективных централизованных систем тестирования, так и правильный выбор комплекса контрольно-измерительных приборов.

Современные централизованные системы тестирования кабельных линий позволяют значительно сэкономить время контроля, так как они обеспечивают предварительную оценку абонентских телефонных линий в качестве физической среды для передачи данных с использованием технологий DSL. Хотя такое тестирование и не дает стопроцентной гарантии точности результатов, оно позволяет с большой долей уверенности определить как подходящие, так и явно непригодные для использования линии. При этом применение стандартных процедур проверки телефонных линий позволит свести время ввода цифровой системы в действие до минимума. Контроль должен охватывать телефонные станции, сетевые операционные центры (решающие задачи функционирования сети, т.е. мониторинга, управления, поддержки пользователей и т.д.) и как соединительные, так и абонентские линии.

Несмотря на развитие техники централизованной проверки и оценки готовности линий, очень важно иметь и грамотно использовать портативное тестовое оборудование, которое позволило бы техникам быстро и точно проверить, способна ли абонентская линия поддерживать технологии DSL.

Переносной тестер может быть подключен к телефонной линии в любой точке, что позволяет точно определить те участки линии, которые требуют модернизации. К сожалению, такие тестеры не подходят для точного определения неисправности абонентской телефонной линии, позволяя проверить только возможность организации по данной линии высокоскоростной цифровой передачи.

Для точного анализа необходим дополнительный метод анализа - эмуляция потока с помощью встроенного тестового модема. В некоторых случаях к этому этапу можно приступить, даже пропустив несколько этапов измерений кабеля. Дело в том, что параметры испытательного сигнала, который передается по выделенной для использования кабельной паре, сами расскажут о ее состоянии. И, если получены хорошие результаты, или если не нужно оформлять паспорт пары (цифровой линии), можно считать их достаточными. Но если появляются проблемы с реализацией намеченных услуг, или передача испытательного сигнала выявила заниженные характеристики линии, придется все-таки заняться ее тестированием в полном объеме.

Тестер, работающий в режиме эмуляции потока или в режиме мониторинга, показывает реальные, а не аппроксимированные значения параметров системы, а именно: максимальные и действующие скорости потоков, загрузку потоков, спектр цифрового сигнала (часто с графическим представлением), возможности адаптации системы к выделенной паре, качество работы аппаратуры. Прибор позволяет проверить качество работы системы доступа при реальной загрузке ее клиентскими приложениями.

Если соединение установлено с ожидаемой скоростью передачи данных, абонентская линия признается пригодной для использования. Если же скорость соединения слишком мала или соединение не установлено вовсе, необходимо провести дополнительные процедуры по подготовке линии к использованию.

Использование метода предварительной проверки абонентских линий позволяет улучшить обслуживание пользователей и значительно сократить объем работы технического персонала непосредственно на линии, а это, как известно, наиболее трудоёмкая и тяжёлая работа. Роль персонала, в этом случае, в основном сводится к установке оборудования и проверке его рабочих параметров.

В значительной мере выбор стратегии зависит от того, является ли оператор, развертывающий системы DSL, владельцем абонентских линий или он арендует их у других операторов. Если оператор владеет абонентскими линиями, то он должен предусмотреть комплекс мероприятий по квалификации линий с точки зрения их соответствия требованиям технологий DSL и действий по устранению возможных причин этого несоответствия. Даже если оператор и не планирует самостоятельно развивать услуги цифрового доступа, необходимо предусмотреть возможность сдачи абонентских линий в аренду другим операторам, использующим цифровые технологии. После предварительной оценки и получения заявки на предоставление обслуживания, операторам остается лишь установить оборудование и проверить качество обслуживания. Данная задача относительно проста и может быть решена с помощью используемого в настоящее время на ТфОП контрольно-измерительного оборудования. Стратегия централизованного тестирования позволяет техническому персоналу за один выезд исправлять более одного повреждения и, при необходимости, проводить профилактические работы, не доводя ситуацию до аварийной. Возможность устранения проблемы до того, как она начинает влиять на качество предоставляемых услуг, обеспечивает существенную экономию эксплуатационных расходов, минимизирует уровень претензий пользователей и повышает конкурентоспособность оператора.

Существуют определенные общие принципы, которые диктуются соображениями технической и экономической целесообразности и, в не меньшей степени, здравым смыслом, позволяющим выбрать оптимальный вариант внедрения.

Эти принципы диктуют необходимость проведения предварительного испытания абонентских линий на соответствие техническим условиям, которые необходимы для использования технологий DSL. Процесс этот начинается со стандартной системы тестирования, установленной на АТС, которая позволяет проверить параметры линии по постоянному и переменному току и длину линии, обнаружить некоторые повреждения, например, обрывы или пробой изоляции. Но кроме этого должно быть проведено и дополнительное тестирование, позволяющее измерить или обнаружить потери в области высоких частот, запас по помехоустойчивости, импульсные помехи и асимметрию линии. Весь комплект проверочного оборудования должен не только определять принципиальную возможность использования данной линии для внедрения одной из технологий DSL, но и предварительно определить максимально допустимую скорость передачи цифровой информации.

Соответствие перечисленных параметров определенным требованиям не гарантирует стопроцентно, что оборудование будет нормально работать, тем не менее, предварительная оценка качества линии обязательно должна быть сделана. Необходимо с наибольшей долей вероятности предварительно (до подключения какого-либо оборудования цифровой системы передачи) определить способность конкретной пары поддерживать определенную технологию DSL.

Для того чтобы детально оценить качество линии, необходимо измерить:

- омическое сопротивление шлейфа,
- продольную асимметрию сопротивления жил,
- емкостную асимметрию жил,

- длину шлейфа по результатам измерения емкости,
- вносимое затухание в диапазоне от 300 Гц до максимально возможного значения частоты (для разных сигналов xDSL оно равно 200 кГц, 300 кГц, 1,1 МГц, 1,6 МГц),
- уровень взвешенных шумов (при номинальной величине сопротивления нагрузки шлейфа 600 Ом),
- величину переходных влияний и наводок от внешних источников.

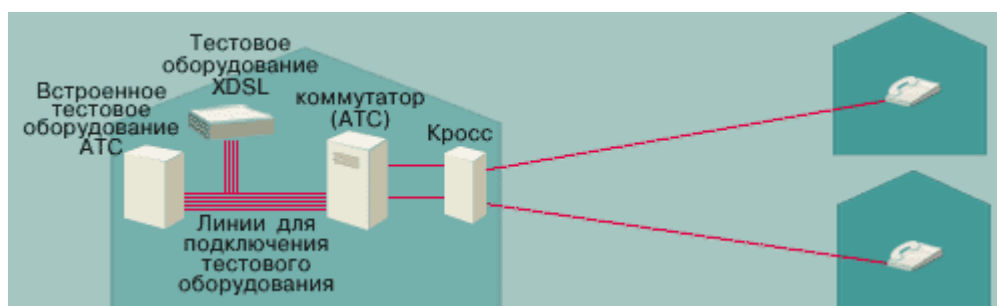
Для успешного выполнения перечисленных работ необходимо иметь, кроме мультиметра и прозвонки, также мегомметр для измерения сопротивления изоляции, мостовой измеритель сопротивления, измеритель емкости, рефлектометр. Так как сигналы xDSL занимают сравнительно высокочастотный участок спектра (20 кГц — 1,6 МГц), измерение частотных характеристик (затухания) и шумов возможно только с помощью специально предназначенных для этого приборов — тестеров xDSL, хотя никто не исключает и использование классических измерительных комплектов, состоящих из генератора гармонических колебаний и селективного измерителя уровня. Иногда в состав тестеров ADSL входит даже эмулятор абонентского модема, с помощью которого можно всегда проверить работоспособность шлейфа на любом участке вплоть до мультиплекса доступа.

Сравнение полученных при измерении результатов с типовыми значениями параметров поможет легко выявить неисправные или не отвечающие поставленным требованиям абонентские линии, обнаружить и устранить причины неисправностей.

В том случае, если оператор будет располагать информацией о состоянии кабельной телефонной сети заранее, т.е. до обращения к нему абонента телефонной сети, желающего стать пользователем высокоскоростных цифровых услуг, ответ (как положительный, так и отрицательный) о соответствии этой сети условиям функционирования выбранной технологии, может быть предоставлен абоненту немедленно. Поэтому при проведении предварительной оценки кабельной сети часть абонентских линий, не отвечающих определенным критериям (например, слишком длинные, или просто бесперспективные с точки зрения реконструкции) могут быть отсеяны на предварительном этапе, без привлечения специализированных технических средств. Дальнейшая проверка абонентской линии будет одинакова и в том случае, когда она проводится исключительно по инициативе оператора, и в том случае, когда она проводится по требованию конкретного абонента, (желающего получить определённую услугу). Этот этап проверки является этапом непосредственного тестирования линии.

Можно воспользоваться двумя методами предварительного тестирования абонентских телефонных линий: односторонним и двухсторонним тестированием.

При одностороннем тестировании проверочное оборудование подключается только на станционном конце абонентской линии (рис. 1).

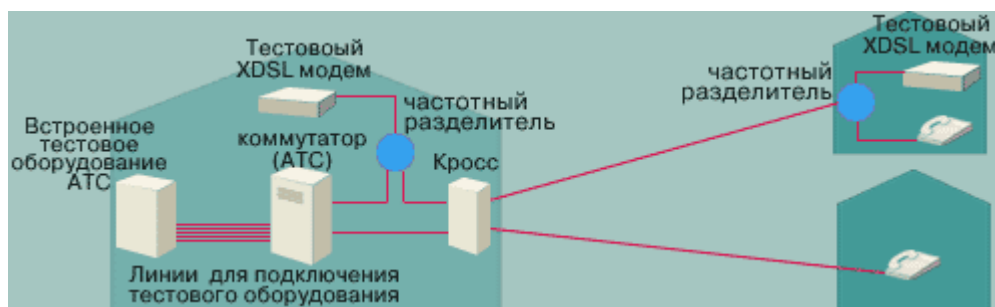


*Рис.1: Организация одностороннего тестирования абонентской линии.*

Данный метод позволяет получить информацию о необходимости проведения ремонта определенных абонентских линий (например, удаления конструктивного элемента, препятствующего нормальной высокоскоростной передаче данных, или

устранения неисправности кабельной линии). Метод одностороннего тестирования не дает стопроцентной уверенности в том, что абонентская линия будет поддерживать технологию DSL, однако, оценка вероятности этого достаточно высока. Метод исключает необходимость направления бригады техников-кабельщиков вдоль абонентской линии, если на ней не будет обнаружена неисправность. Он может быть автоматизирован, что позволит обеспечить массовую оперативную проверку линий.

Двустороннее тестирование, как это следует и из названия, предполагает подключение проверочного оборудования на обоих концах абонентской телефонной линии (рис. 2). В этом случае необходимо установить на абонентском конце линии модем или тестовое оборудование, имитирующее работу такого модема, что позволит организовать соединение между абонентским окончанием и модемом, находящимся на станции. Если соединение установить невозможно или его параметры не могут удовлетворить даже самого невзыскательного пользователя, необходимо принять все меры по реконструкции абонентской телефонной линии. Однако, проверка абонентской линии путем установки соединения между модемами, подключенными к ее концам, не даёт всей необходимой информации о том, почему данная абонентская линия не поддерживает передачу сигналов xDSL. Для этого необходимо искать повреждения в кабеле.



*Рис. 2: Организация двустороннего тестирования абонентской линии.*

При проверке абонентской телефонной линии её можно условно разделить на три зоны, к ним относятся:

1. проводка на телефонной станции,
2. абонентская проводка,
3. кабельная сеть, соединяющая эти две зоны и определяющая,

в основном, способность абонентской линии поддерживать технологии xDSL.

Существуют два основных подхода к тестированию и эксплуатации кабельной инфраструктуры, оба из которых имеют право на жизнь.

1. Тестирование и паспортизация всей кабельной сети в целом, когда одновременно контролируются все пары одной или нескольких магистралей кабелей;
2. Тестирование выделенных для предоставления конкретного сервиса пар в отдельности.

Каждый из этих подходов имеет как преимущества, так и недостатки, поэтому комплексное использование обоих методов при грамотной постановке задачи может оказаться наиболее эффективным и даже сэкономить средства оператора связи.

Отличие этих методов лежит в самом определении. При массовом тестировании пар используется оборудование, подключаемое непосредственно на кроссах и распределительных шкафах. При этом появляется возможность одновременного тестирования до 3 – 7 тысяч пар.

Это дает, во-первых, реальную картину загрузки и маршрутизации кабельных пар, что крайне важно при планировании новых сервисов на данном конкретном направлении.

Во-вторых, мы четко видим все неправильно сделанные кроссировки, зашунтированные и разбитые пары, ответвления и взаимное влияние пар. Перечисленные факторы оказывают огромное влияние на допустимую величину скорости передачи группового сигнала, а часто просто не дают возможности предоставлять пользователю цифровой сервис.

В-третьих, имея четкую картину своей распределительной сети, оператор может эффективно планировать развитие своего сервиса.

Особенность этой системы проверки состоит в том, что контрольно-измерительная аппаратура при помощи специально разработанных адаптеров может быть быстро подключена к кроссовым и шкафным плантам любой конструкции. При этом тестирование производится без обрыва связи и в полностью автоматическом режиме. Кстати, минимальное участие человека в этом процессе – один из ключевых факторов получения объективной информации. Единственный недостаток такого способа тестирования – малая оперативность.

Второй подход к организации анализа медной кабельной сети - это тестирование конкретной пары с помощью специализированных приборов с большим количеством функций, что позволяет получить наиболее объективную информацию о параметрах тестируемой пары.

Необходимо решить, какие параметры телефонной пары надо анализировать в первую очередь при монтаже, установке оборудования и во время эксплуатации системы абонентского доступа, использующей технологию DSL.

С течением времени состояние кабельной сети постепенно ухудшается. Традиционная телефонная связь достаточно устойчива к ухудшению характеристик кабельной сети, чего нельзя сказать о высокоскоростных системах передачи. Дефекты кабеля приводят к изменению его электрических характеристик, что существенно ухудшает работу цифровых систем. Поэтому линии, по которым организуется передача цифровых сигналов, нуждаются в тщательной регулярной проверке основных параметров. Периодичность проверки зависит от типа кабеля, категории линии и т.п. При тестировании абонентской линии особое внимание приходится обращать на качество внутренней проводки.

При высокоскоростной передаче перекрестные помехи приводят к разрушению передаваемой цифровой информации. Существует и другая сторона этой же проблемы. Многие эксперты считают, что широкое распространение технологий DSL приведет к внесению значительных помех в ТфОП, создаваемых традиционными цифровыми системами передачи. С этими помехами невозможно справиться без осуществления реконструкции существующей кабельной сети (закрывающейся, например, в прокладывании кабелей более высокой категории на участках абонентской линии).

Кроме перекрестных помех необходимо также учитывать и электромагнитные помехи, возникающие из-за воздействия различных промышленных или бытовых источников. Такое воздействие для линии DSL также гораздо опаснее, чем для обычной телефонной линии. Измерение шумов в широкой полосе частот позволит определить помехи, вносимые в абонентскую линию другими системами. При этом для каждой технологии необходимо проводить измерения в определенном спектре частот (например, для ADSL необходимо провести измерение в частотном диапазоне до 1 МГц).

Для организации мониторинга линий, в том числе для поиска и устранения неисправностей на кабельных сетях предполагается использование системы централизованного тестирования, включающей контрольно-измерительное оборудование и соответствующее программное обеспечение.

Следующим шагом, который следует предпринять при развертывании системы DSL, является проверка готовности всего оборудования и его программного обеспечения. Причем, когда мы говорим об оборудовании, то имеем в виду не только абонентскую телефонную линию, но и все используемое стационарное оборудование на отрезке

от провайдера до конечного пользователя (включая все стационарные и линейные стыки и кабельные соединения аппаратуры DSL с кроссами).

После проверки оборудования производятся все необходимые соединения, в результате чего будет сформирован тракт передачи сигнала от мультиплексора доступа до абонента. Оборудование централизованного тестирования позволяет значительно ускорить процесс последующей проверки, потому что оно автоматически анализирует линии и, кроме того, сохраняет результаты анализа для последующей обработки. Так как кроссировка линий обычно производится техниками оператора местной связи, можно использовать централизованную проверочную систему, обладающую функцией интерактивного голосового доступа IVA, которая позволит правильно идентифицировать проверяемую пару. Если каналобразующее оборудование еще не работает, можно использовать модем DSL или генератор испытательного сигнала.

Возможность передачи цифрового сигнала по абонентской паре определяется путем установки синхронизации с мультиплексором доступа (DSLAM). Эта проверка осуществляется с помощью обычного модема, который также должен давать подтверждение возможности обеспечения именно той скорости передачи цифрового сигнала (как для восходящего, так и для нисходящего потока при использовании асимметричной технологии), которая соответствует установленным требованиям на данную систему передачи. Если синхронизация не установлена, необходимо точно установить, соединена ли данная линия с DSLAM. Если же синхронизация достигнута, но скорость передачи данных не соответствует планируемой, должна быть проверена конфигурация DSLAM.

Следующая фаза работ проводится на уровне сетевого интерфейса, то есть там, где пара DSL соединяется с внутренней проводкой помещения пользователя. До монтажа кроссировки снова должны быть проведены все основные тесты (т.е. синхронизация с DSLAM, проверка скорости передачи данных и другие тесты), но теперь уже с устройства сетевого интерфейса. После этого с помощью тестовой трубки проверяется возможность установки обычного телефонного соединения.

Перед началом эксплуатации необходимо обязательно провести тот же самый набор тестов, который использовался при предварительной проверке линии. Это позволяет определить окончательную пропускную способность и устойчивость работы канала. В случае внедрения ADSL может использоваться специализированный тестер, имеющий встроенный имитатор модема, в случае внедрения других технологий можно использовать встроенные функции оборудования. Если встроенные функции оборудования не позволяют осуществлять тестирование полученного канала, необходимо использовать любой подходящий прибор с функцией генерации соответствующего стыкового сигнала и возможностью измерения коэффициента ошибок. Наиболее удобным представляется прибор, сочетающий в себе все или хотя бы большую часть измерительных функций, необходимых для эксплуатации линий DSL.

Проверке подлежат:

- Качественные показатели тракта, включая количество поражённых ошибками секунд ES, количество секунд неготовности US, количество секунд, поражённых ошибками SES, количество ошибочных информационных блоков на удалённом конце FEBE, переданных удалённым модемом линии xDSL. Перечисленные параметры определяются на основе рекомендаций МСЭ-Т G.826 и M.2100 в течение текущего 15-и минутного и текущего 24-х часового интервалов. В случае обнаружения дефектов передачи в течение первых 24 часов, необходимо провести 7-суточный прогон системы передачи с целью выявления причин и устранения обнаруженных дефектов.

- Коэффициент ошибок, определяемый на основе циклического кода CRC.
- Затухание симметричных пар отдельных подсистем xDSL.
- Затухание испытательного сигнала.

- Уровень шумов в дБ относительно эталонного уровня шума, регламентированного стандартом ETR-152 ETSI, при отсутствии сигнала в тестируемой паре. Шумовые характеристики конкретной пары необходимо тестировать в следующих режимах:

- импульсные помехи (рекомендация O.71),
- широкополосные шумы (рекомендация O.41),
- отношение сигнал/шум и возвратные потери или потери на отражение.

Для увеличения эффективности измерений необходимо при тестировании использовать фильтры, соответствующие частотному диапазону конкретной технологии DSL (ADSL, ADSL2+, SHDSL и т. п.).

- Правильность подключения симметричных пар и возможность автоматической коррекции неправильного соединения.
- Запас помехоустойчивости аппаратуры.
- Режим синхронизации (внутренняя, по принимаемому сигналу, внешняя).
- Состояние систем дистанционного и местного электропитания.
- Результаты измерения шумов и затухания отдельной пары.

В большинстве современных модемов HDSL предусмотрена возможность организации измерительных шлейфов, которые позволяют локализовать место повреждения линии. Контроль линии производится путём поэтапного определения величины коэффициента битовых ошибок (BER) при прохождении испытательного сигнала по организованному на линии шлейфу. Измерения проводятся с помощью встроенных в модем узлов генератора псевдослучайной последовательности (ПСП)  $2^{15}$  -1 и устройства сравнения, позволяющего сравнивать переданную и принятую ПСП и фиксировать моменты их несовпадения. Любое различие битов переданного и принятого двоичного сигнала считается ошибкой и фиксируется счётчиком ошибок. В случае превышения нормированного значения величины коэффициента ошибок, можно сделать вывод о наличии на данном отрезке линии, ограниченном установленным шлейфом, какого-либо дефекта или аномалии аппаратуры или кабеля.

Если оборудование DSL включает в себя подобную функционально законченную измерительную систему, то её можно считать достаточной для оценки параметров линии DSL в процессе её настройки, эксплуатации и технического обслуживания.

Тестирование всего тракта передачи данных, включая выход в Интернет или другую цифровую сеть, должно проводиться после включения модема и присоединённого к нему компьютера. На этом этапе может потребоваться ввести в компьютер постоянный или динамический IP-адрес абонента. Если IP-адрес указан правильно, полное функционирование системы может быть проверено с помощью стандартного Интернет-браузера (типа Internet Explorer или Netscape Navigator).

После завершения конфигурирования канала связи необходимо получить подтверждение синхронизации оборудования абонента с DSLAM. Для этого используется индикатор синхронизации, размещаемый на передней панели внешнего модема, или соответствующая «иконка» в окне программы для встроенного модема. И, наконец, не следует забывать о проверке функционирования обычной телефонной связи. Такая проверка производится по типовой методике штатными приборами. Несмотря на многообразие предлагаемых операторами услуг, сохранение аналогового телефонного канала является гарантией устойчивой работы сети.

Современные приборы позволяют тестировать не только параметры DSL-потока, но и параметры самой пакетной сети, включая наложенные сети VoIP и IP Video. В этом случае проводится тестирование качества работы такой сети, определяются параметры QoS, статистика передачи пакетов (потери и задержки пакетов, джиттер и т. п.) с учетом предоставляемого сервиса, проводится измерение относительных параметров качества передачи голосовых пакетов и потокового видео (MOS, R-фактор и т. д.).

Если коротко резюмировать, то получится следующее. Для строительства, паспортизации и эксплуатации NGN требуются:

1. Анализаторы транспортных потоков с возможностью тестирования наложенной пакетной сети и анализа современных мощных цифровых потоков (DWDM, NewGen SDH, MPLS, 1/10 G Ethernet и др.);
2. Тестеры или анализаторы систем доступа с возможностью эмуляции потоков и моделирования запросов дополнительных услуг для полноценного анализа качества предоставляемого абоненту сервиса;
3. Анализаторы пакетных сетей с функциями тестирования и эмуляции VoIP для верификации протоколов передачи данных и управления информацией, анализа работы серверов приложений, определения качества сеансов связи VoIP;
4. Анализаторы-имитаторы протоколов сетей стандартной телефонии (TDM) и VoIP для тестирования правильности функционирования пограничных устройств, медиашлюзов и конвертеров сигнализации;
5. Тестовое оборудование для анализа оптики, медных пар, радиосигналов, то есть той среды, которая является основой построения сетей.

В настоящее время имеет место большой выбор приборов для организации контроля транспортных сетей. Это оборудование производят такие известные зарубежные корпорации, как «Acterna», «Aligent», «ExFo», «Anritsu» и другие.

Тестеры имеют модульную структуру, и могут быть сконфигурированы под различные задачи и технологии. Среди их интерфейсов: SDH (STM-1 - STM-64), DWDM, 1/10/40G Ethernet и другие. Например, многофункциональные тестеры «N2X» (Aligent), «MP1590B» (Anritsu) решают ряд задач контроля пакетной передачи данных в транспортных сетях. Приборы позволяют оценивать параметры QoS пакетных сетей, тестировать Multicast Services. «N2X» не позволяет тестировать, однако, системы DWDM. Известны и более экономичные решения, это несколько видов универсальных тестовых платформ, сочетающих измерения цифровых сетей SDH, SONET, Ethernet с возможностями тестирования оптических кабелей. Среди таких платформ следует упомянуть «MTS-8000» (Acterna) и «FTB-400» (Exfo). Оба прибора реализуют большое количество процедур анализа оптики, включая проверку оптического волокна на пригодность для разворачивания высокоскоростных систем передачи цифровых сигналов. Разработаны и поставляются портативные анализаторы сетей Ethernet, такие как «PST-2802» (Acterna). При малых габаритах и сравнительно низкой цене прибор реализует такие функциональные возможности, как анализ и генерация IP-трафика, анализ VPN, VoIP и другие. Универсальный тестер доступа «HST-3000» (Acterna) позволяет тестировать все виды DSL систем (включая самые последние разработки). Кроме того, он имеет функции анализа Ethernet эмуляции IP-телефона с возможностью анализа качества VoIP (вычисление R-фактора), опции тестирования IP Video и эмуляции STB, то есть полной верификации услуг Triple Play. Универсальная платформа «SunSet MTT» (Sunrise) также предназначена для тестирования сетей лост\ ни п может поставляться с блоками эмуляции и анализа различных DSL-систем и сетей IP. Кроме того, прибор может быть оборудован даже модулями OTDR. (правда с ограниченным динамическим диапазоном), а также опциями тестирования протоколов сетей доступа (ISDN, Q.SIG, V.5).

Среди специализированных анализаторов пакетных сетей следует выделить два устройства, имеющие схожие функции и возможности - это «Performer Analyzer» (RADCOM) и «DA-3400/3600» (Acterna). Эти анализаторы имеют возможность полнофункционального тестирования всех действующих протоколов сетей передачи данных, встроенные экспертные системы, позволяющие значительно сократить время анализа собранной информации. Приборы оборудованы возможностями генерации трафика и анализа сетей VoIP, включая расчет MOS-факторов.

Подводя итог выше сказанному, можно смело надеяться, что технологии измерений будут идти в своем развитии рука об руку с телекоммуникационными технологиями, и всегда будет существовать широкий выбор анализаторов, отвечающих последним стандартам и сетевым решениям.