

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ АППАРАТУРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ сетей с пакетной передачей информации

И.Власов, генеральный директор ООО "Бинар-КОМ"
М.Птичников, технический консультант ООО "Бинар-КОМ"
Н.Сторожук, заместитель генерального директора ООО "Бинар-КОМ"

Переход к пакетным технологиям передачи информации потребовал разработки новых подходов к измерениям и, соответственно, выпуска нового поколения контрольно-измерительной аппаратуры.

СЕТЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Одна из характерных тенденций развития техники связи – переход к использованию пакетных технологий во всех сегментах телекоммуникационных сетей: транспорта, доступа, коммутации, услуг. Как следствие, происходит размывание специализации крупных операторов связи, которые, применяя одни и те же технологии, начинают работать во всех сегментах телекоммуникационных сетей, управляя и транспортом, и контентом; обслуживая как корпорации, так и индивидуальных абонентов; работая как с проводными, так и с беспроводными технологиями.

Кроме того, на практике случилось то, о чем говорили еще с начала 2000-х – широкое внедрение комплекса услуг Triple-Play (голос, видео, данные). Но такой прогресс технологий требует и появления нового поколения контрольно-измерительных приборов, разработки новых подходов к проведению испытаний.

Телефонные сети в том виде, к которому привыкли "традиционные" связисты, проекти-

ровались и строились, исходя из заранее определенных характеристик часа наибольшей нагрузки (ЧНН). Поэтому действующие до сих пор нормы и допускают случаи, когда попытка установки соединения может быть unsuccessful. В этом случае абонент получает отбой из-за перегруженности межстанционных каналов, международных или междугородных линий. Впрочем, хоть подчас причины отказов могут быть многочисленны и разнообразны, но их появление в классических сетях хорошо прогнозируется, а источник проблемы легко определяется с помощью привычных анализаторов потоков и протоколов сигнализации. К тому же в интервалы времени, не относящиеся к ЧНН, рассчитанные на них сети гарантируют готовность "три девятки" или "четыре девятки" (0,999 или 0,9999).

Но самая главная особенность классических сетей – их конфигурация, в основе которой лежит канальная коммутация. При этом природа этих каналов – аналоговая или цифровая – не вносит большой разницы в общую идеологию сети. Основная задача таких коммутируемых

каналов – передача речевого трафика. Для этого они максимально оптимизированы, а передача сетевых или компьютерных данных здесь – всего лишь дополнительная нагрузка. Отсюда мы и получаем высокую степень готовности такой сети и ее управляемости, когда речь идет о телефонных соединениях. Но здесь же кроется и причина ограниченности при реализации на них задач передачи данных или выхода в интернет.

С сетями IP/Ethernet, основанными на пакетной коммутации, все несколько иначе. Такие сети состоят из большого количества управляемых маршрутизаторов и коммутаторов различного уровня, соединенных между собой. Эти устройства, взаимодействуя, могут работать, используя различные технологии и протоколы, могут быть произведены разными компаниями, могут принадлежать различным операторам и находиться на разных расстояниях друг от друга. Таким образом, создается некая общая среда, оптимизированная прежде всего для передачи пакетной информации, на основе которой уже и работают виртуальные сети телефонной связи VoIP, предоставляются услуги телевидения или видеоконференц-связи (IP Video) и многое другое. Здесь понятие ЧНН не определено, а загрузка сетей и маршрутизация конкретных пакетов часто носит случайный характер. В результате, например, сервис VoIP не может гарантировать качество доставки конкретного пакета с речевой нагрузкой, что, в свою очередь, выражается в непрогнозируемых задержках, повышенной зашумленности виртуального канала, появлении в нем эха, в неразборчивости или искажении речи.

Ситуация может усугубляться и неомогенностью сетей, использующих разные технологии и протоколы передачи в разных сегментах. Здесь прохождению пакетов будут дополнительно мешать факторы несовместимости, непрозрачности, отсутствия сквозной управляемости. Однако, как это ни парадоксально, такие обстоятельства обычно не приводят к полной недоступности тех или иных устройств сети, а только осложняют задачу маршрутизации пакетов. Последние, хоть и с модификацией, и задержками, чаще всего все-таки добиваются до своего адресата. Именно это обстоятельство подчас и приводит к ошибочному мнению о полной автономности работы подобной среды и, как следствие, отсутствию необходимости ее тестирования и обслуживания.

Каждая новая технология появляется, "излучая" на первом этапе некий ореол универсальности, идеальности. Вспомним хотя бы времена

появления оптического волокна, первых внедрений SDH, цифровых АТС, когда вдруг каждый раз возникало мнение об отсутствии необходимости в тестовом оборудовании, "лишнем" обслуживающем персонале и прочее, и прочее. Но прошло некоторое время – и все становилось на свое место, а анализаторы сигнализации или STM-потоков до сих пор в ходу. Так и здесь, говоря о надежности работы IP-среды, мы должны иметь в виду прежде всего некие конкретные величины, определяющие параметры предоставляемой услуги или сервиса, будь то скорость передачи информации, качество VoIP или IP Video, задержки распространения пакетов RTP. Они основаны на конкретных параметрах передачи пакетов, доступных измерению и анализу, если используются современные, предназначенные для этого приборы и средства измерения, применяются апробированные и принятые в качестве стандартов методики.

Традиции и новаторство тестирования

При выборе методик тестирования сетей IP хорошо зарекомендовали себя сценарии, разработанные уже много лет назад для контроля Ethernet. Основная методика, RFC-2544, активно используется до сих пор, хотя и с некоторыми модификациями. Кроме того в различных ситуациях применимы стресс-тестирование с помощью эмуляции различного вида и уровня пакетного трафика, контроль потерь пакетов (PL), задержек пакетов и вариации этих задержек (PDV).

Вместе с тем нельзя забывать и о специфике сетей IP, о критериях качества предоставляемых на этих сетях услуг. Они определяют особенности их тестирования, заставляют разрабатывать уникальные методики, применимые только в конкретных случаях и сетях. К таким методикам можно отнести тестирование качества видеостриминга – MDI IPTV (RFC-4445), способы тестирования пакетной синхронизации RTP (IEEE-1588 v2) на основе эмуляции Slave-устройств и наиболее обобщенную рекомендацию тестирования TriplePlay – Y.1564. Эта рекомендация, принятая МСЭ-Т, дает операторам средство для быстрой и качественной проверки и подтверждения уровня предоставляемых сервисов, обеспечивая определение параметров конфигурации и производительности сети при подписании соглашения с потребителем услуги (SLA).

Однако какими бы разнообразными ни были предоставляемые сервисы, их качество, как и качество самой передачи в пакетных сетях,

в первую очередь, зависит от таких факторов, как номинальная пропускная способность среды, уровень потерь пакетов, односторонняя и круговая задержки, а также величина ее вариации. Обычно здесь и сосредоточены основные усилия производителей тестового оборудования для IP-сетей. При этом необходимо учитывать, что загрузка канала, а значит и результаты измерений будут зависеть еще и от продолжительности испытаний, числа повторения сеансов измерений и величины передаваемых пакетов, а она может варьироваться в пределах от 64 до 1518 байт.

Для организации контроля пакетных сетей в настоящее время представлены два основных класса приборов. Первый – мощные и универсальные анализаторы транспортных потоков с возможностью тестирования, в том числе и пакетной сети. Обычно такие анализаторы предоставляют пользователям широкий спектр тестовых решений. Здесь и полный перечень тестируемых IP-услуг (FTP, VoIP, IPTV, RTP и пр.), и широкие возможности выбора технологий (DWDM, NG SDN, MPLS, IP/Ethernet и др.), и серьезный набор интерфейсов подключения от E1 до STM-64, и от 10/100/1000 Ethernet до 10 или даже 100G. Однако при всех своих достоинствах такие приборы имеют один существенный недостаток – очень высокую стоимость.

Второй класс – портативные тестеры пакетных сетей с ограниченными функциями тестирования и эмуляции IP. Эти приборы обычно предоставляют лишь базовые функции тестирования пакетной среды, такие как потери и задержки пакетов, пакетный джиттер и некоторые возможности генерации пакетного трафика. Как правило, предел для таких тестеров – поддержка методологии RFC-2544, зато они реализованы в "карманном" исполнении и предельно дешевы, что является, по сути, главным их достоинством.

Однако в последнее время появился еще один класс тестеров IP, которые, сохраняя портативность и отчасти дешевизну простых приборов, уже могут предоставить значительно более широкий объем функций, приближающий их к анализаторам класса Hi-End. Естественно, для сохранения низкой цены и портативности приходится жертвовать универсальностью, отказываться от тестирования ряда дорогих технологий (10/100G, DWDM, OTN и пр.). Однако такие тестеры в своей нише (обычно это тестирование IP/Ethernet на интерфейсах 10/100/1G) могут предоставить достаточно большие возможности

тестирования наложенных сервисов, таких как VoIP, IPTV, RTP и пр. Одним из представителей приборов этого класса является новый портативный IP-тестер МАКС-ЕМК российской разработки и производства, представляемый компанией "Бинар-КОМ".

Прежде чем представить на рынок свое изделие, ставшее, на наш взгляд, полноправным представителем измерительных средств для транспорта и услуг пакетных сетей, компания "Бинар-КОМ" совместно с НПП "КОМТЕХ" несколько лет вела исследования в этой сфере, отработывала аппаратные и программные решения на продуктах предыдущих поколений, таких как МАКС-Е1, МАКС-Е10, МАКС-ЕМ, МАКС-ЕМВ.

ТЕСТЕР-АНАЛИЗАТОР ПАКЕТНЫХ СЕТЕЙ

МАКС-ЕМК предназначен для диагностики параметров современных систем связи на основе технологии IP, для количественной и качественной оценки параметров каналов передачи данных и паспортизации сетей, включая и сети, построенные по технологии Wi-Fi. Благодаря широкому функционалу прибор может применяться для проверки сетей на соответствие согласованному уровню качества предоставления услуг, позволяет измерять расхождение шкал времени в сетях операторов связи относительно установленной шкалы координированного времени, а также сигналов синхронизации спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. Тестер-анализатор успешно прошел испытания для внесения в государственный реестр средств измерений.

Прибор МАКС-ЕМК выпускается в трех модификациях: В (базовая), Е (расширенная) и М (максимальная) (рис.1). Базовая комплектация предусматривает наличие основных измерительных интерфейсов и функций для реализации задач тестирования и паспортизации пакетных сетей и услуг. В расширенной модификации добавлен высокостабильный задающий генератор (10^{-9}) и встроенный приемник ГЛОНАСС/GPS, что позволяет использовать прибор для точного измерения односторонних задержек пакетов, полноценного тестирования синхронизации в пакетных сетях на базе RTP (IEEE-1588), а также для определения расхождения шкал времени тестируемой и опорной сетей. В максимальную модификацию, кроме всего вышеизложенного, входит встроенный Wi-Fi-роутер, позволяющий как тестировать беспроводные сети, так и проводить весь спектр измерений IP-пакетов при подключении прибора через Wi-Fi.

Функционал прибора достаточно широк и зависит от его исполнения и комплектации, выбранной пользователем. В числе основных функций тестера:

- независимая поддержка и тестирование двух интерфейсов Ethernet/Gigabit Ethernet;
- генерация/анализ трафика на канальном, сетевом уровнях и выше с установкой нагрузки, битов приоритета ToS/DSCP, длины пакетов, настройкой MAC-адресов и IP-адресов источника и получателя и иных полей пакетов;
- одновременная генерация нескольких потоков с разными настройками полей канального и сетевого уровня;
- сбор и отображение различной статистической информации по принимаемому и передаваемому трафику;
- тестирование качества пакетной сети в соответствии со сценарием RFC-2544;
- измерение вариации задержки пакетов (PDV) в соответствии с RFC-3393;
- тестирование уровня сервиса в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т Y.1564;
- тестирование метрик MDI в соответствии с рекомендацией RFC-4445;
- измерение параметров протокола пакетной синхронизации (PTP) по рекомендации IEEE1588;
- тестирование прохождения трафика для симметричных и ассиметричных каналов;
- измерение входной и выходной мощности по оптике;
- измерение коэффициента битовых ошибок (BER);
- проведение тестирования в многопоточном режиме;
- контроль связности каналов и маршрутов на уровне IP: эхо-тестирование (Ping), маршрут, DNS, IP-сканер;
- организация шлейфа на физическом, канальном, сетевом и транспортном уровнях с перестановкой либо заменой полей MAC или IP;
- организация сквозного соединения (с порта на порт) с параллельным сбором статистики в режимах мониторинга и фильтрации входящего трафика (на канальном и сетевом уровнях);
- поддержка протокола эксплуатации, администрирования и обслуживания (OAM) по Ethernet с возможностью управления удаленными устройствами (включение/выключение шлейфа);
- диагностика неисправностей медного кабеля, определение качества прокладки и разводки медного кабеля 5-й и 6-й категорий;
- поддержка протокола разрешения адресов (ARP);



Рис.1. Три модификации IP-тестера МАКС-ЕМК

- поддержка протокола динамической конфигурации узла (DHCP);
- поддержка мультипротокольной коммутации по меткам (MPLS).

К особенностям модификаций "Е" и "М" можно отнести:

- возможность синхронизации тактовой частоты и времени прибора от опорных сигналов встроенного приемника ГЛОНАСС/GPS;
- функционал полноценного тестирования качества синхронизации PTP с возможностью точной оценки (+/- 150 нс) фазового расхождения эмулированного Slave-устройства, зависящего от качества и конфигурации пакетной сети, и опорного сигнала 1PPS, полученного от встроенного приемника спутниковых сигналов или внешнего опорного сигнала;
- возможность измерения расхождений шкал времени по сигналу синхронизации 1 PPS от разных источников синхронизации;

- возможность реализации фазового компаратора для оценки величины односторонних задержек пакетов;
- выдача сигналов синхронизации 1 PPS от разных источников синхронизации (эмулированного Slave-устройства, встроенного ГЛОНАСС/GPS-приемника, внутреннего высокостабильного генератора) на внешний выход прибора.

Кроме того, для модификации "М" доступно также измерение параметров каналов и передачи сетей Wi-Fi и проведение тестирования сети и услуг при беспроводном подключении прибора.

Функции в подробностях

Остановимся более подробно на отдельных функциях нового средства измерений. Прежде всего, хотелось бы отметить возможности тестирования по методикам RFC-2544, Y.1564. Работа по этим сценариям возможна как с настройками, описанными существующими рекомендациями и вводимыми в прибор "по умолчанию", так и с любыми сконфигурированными пользователем установками. Функция прибора "Тест по RFC-2544" воспроизводит сценарий автоматизированной процедуры тестирования сетевого оборудования, определяя параметры пропускной способности интерфейса, задержки распространения пакетов, зависимости уровня потерь пакетов от загрузки канала, времени предельной нагрузки. Тест может быть применен для оценки параметров участка сети как при двустороннем тестировании с использованием удаленного шлейфового устройства, так и в одностороннем асимметричном режиме. В последнем случае для проведения теста необходимы два равноценных прибора, оснащенных опцией AT-08 (асимметричное тестирование), один из которых выступает в качестве ведущего устройства и берет управление удаленным устройством на себя.

Приборы генерируют пакетный трафик каждый в свою сторону, одновременно анализируя пришедшие "с другой стороны" пакеты для определения параметров соответствующего одностороннего тракта. По окончании теста удаленный прибор передает результаты ведущему, который уже и формирует отчет о качестве пакетной передачи отдельно как в одну, так и в другую сторону. При этом оператор получает полноценную статистическую информацию, предусмотренную RFC-2544, представленную в виде протокола или паспорта сегмента сети.

"Тест Y.1564", в свою очередь, дает оператору средство проверки качества предоставляемых

сервисов, обеспечивая определение параметров конфигурации и производительности сети. Этот функционал очень удобен при подписании или подтверждении соглашения об уровне качества предоставляемой услуги (SLA), но он может пригодиться и при поиске неисправностей сети. Функция измерения по Y.1564 позволяет автоматизировать тестовые процессы и легко настраивается на выдачу результатов в виде "годен/не годен" на основе сравнения данных, полученных в результате теста, и данных по SLA. В МАКС-ЕМК сразу можно численно закладывать определяемые рекомендацией гарантированный (CIR) и превышенный (EIR) уровни сервиса по разным потокам и приложениям, что значительно облегчает оператору задачу анализа доступности и качества сервиса. Среди преимуществ методологии следует отметить ее мультисервисность – тестирование проводится одновременно по всем выделенным сервисам, и качество каждого из них должно соответствовать уровню CIR/EIR. Тест проводится на основе стандартных RFC (RFC-2544 – статистика пакетов, RFC-3393 – пакетный джиттер и пр.) в два этапа. Первый – это тесты конфигурации сети (по RFC с учетом KPI), второй – тесты производительности сервисов (по установленным уровням CIR и EIR одновременно для всех установленных сервисов).

Для диагностики каналов пакетной передачи данных, используемых для трансляции IPTV или видеоконференц-связи, в приборе реализована функция MDI IPTV. Этот инструмент разработан в соответствии с рекомендацией RFC-4445 "A Proposed Media Delivery Index (MDI)" и оперирует двумя измеряемыми характеристиками: коэффициентом потерь (MLR) и фактором задержки (DF). Обе эти характеристики, согласно рекомендации, несколько отличаются от стандартных параметров потерь и задержек пакетов, и расчет их ориентирован на специфику работы приемных устройств STB IPTV. При проведении тестирования IPTV МАКС-ЕМК генерирует пакеты с настройкой скорости и заголовков вплоть до четвертого уровня, эмулирующие видеопоток. На приемной стороне прибор анализирует получаемый тестовый трафик с помощью виртуального буфера и анализатора потерянных кадров. Работа опции предполагается как в симметричном (двустороннем), так и в асимметричном (одностороннем) режиме. Последний наиболее удобен для тестирования односторонней широковещательной трансляции каналов IPTV, но в этом случае необходимы два прибора с дополнительной опцией асимметричного тестирования "08-AT". Сравнение полученных

параметров MLR и DF с максимально допустимыми для различных видеослужб дает оператору исчерпывающую информацию о качестве предоставляемой услуги. Тест MDI является достаточно простым и эффективным инструментом, так как не зависит от методов кодирования данных цифрового телевидения, поэтому он может быть широко использован для первичной диагностики сервисов и подтверждения качества услуги IPTV.

При измерении параметров высокоточной фазовой синхронизации в пакетных сетях на основе протокола IEEE-1588 v2, который очень востребован в LTE и WiMAX, в МАКС-ЕМК может быть задействована опция "1588v2/PTP". В базовой версии прибора этот функционал поможет оператору успешно проверить и установить PTP-устройство, быть уверенным в возможности правильной работы ведомого устройства (Slave), в доступности ему одного или нескольких "Мастеров" (GrandMaster).

Комбинация опции "1588v2/PTP" с внутренним высокостабильным генератором и GPS/ГЛОНАСС-приемником в модификациях прибора "Е" и "М" даст возможность не только проверять и устанавливать PTP-устройства, но быть уверенным в качестве получаемой синхронизации, подтвердить

точность сигналов 1PPS для установки eNodeB. Суммарная погрешность измерения фазы в этом случае не более 150 нс, что значительно превышает необходимую точность работы LTE-устройств (1,1 мкс) и позволяет говорить о приборе как о средстве измерения и паспортизации сигналов в сетях пакетной синхронизации.

При проведении стандартного тестирования PTP-прибор выступает в качестве Slave-устройства с возможностью выбора необходимого профиля настроек протокола PTP. Прибор может работать как в режиме unicast (телеком-профиль), так и в multicast для тестирования, например, энергосетей с функцией SmartGrid. Опция "1588v2/PTP" прибора предоставляет такие возможности, как всесторонняя проверка соединения с доступными PTP-серверами или устройствами GrandMaster, сбор статистики обмена служебными сообщениями с каждым из выбранных серверов, измерение точных параметров качества синхронизации в точке подключения, сравнение получаемых расчетных данных по синхронизации PTP с опорными сигналами спутниковой сети или встроенного высокостабильного генератора.

При тестировании сетей совместно с МАКС-ЕМК может использоваться устройство заворота трафика пакетных сетей МАКС-ЕМВК, которое поставляется как в базовом варианте ("Шлейф"), так и в расширенном ("Анализатор") в качестве самостоятельного тестера сетей Ethernet. Особенностью варианта "Анализатор" является отображение результатов тестирования и настроек прибора на дисплее персонального компьютера, подключенного к нему через порт USB или Ethernet. Этот вариант использования МАКС-ЕМВК возможен в тех случаях, когда не требуется получение метрологических характеристик, при проведении эксплуатационных проверок пакетных сетей, и когда оператору достаточно одного измерительного интерфейса. Функционал МАКС-ЕМВК в режиме "Анализатор" практически полностью повторяет базовые возможности основного прибора, поэтому его можно использовать и как удаленное устройство для проведения двухсторонних тестов, и как самостоятельный прибор для проведения базового анализа сети.

ПОЧЕМУ НУЖНЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Потребность в проведении перечисленных выше измерений обусловлена законодательными изменениями и объявленными правительственными программами. В частности, 23 июля 2015 года Минкомсвязи России выпустило приказ № 277 "Об утверждении Обязательных метрологических требований к измерениям, относящимся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в части компетенции Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации". В нем указан следующий перечень обязательных измерений, выполняемых при учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи:

- измерение разности (расхождения) шкал времени в сетях операторов связи относительно национальной шкалы времени Российской Федерации;
- измерение продолжительность телефонных соединений и сеансов передачи данных;
- измерение количества переданной (принятой) информации (данных).

В этом документе также указывается диапазон измерений и пределы допускаемой погрешности. Вступление в силу приказа планируется в июле 2016 года. Для выполнения измерений, требуемых этим приказом, понадобится специальная аппаратура. Метрологические характеристики прибора МАКС-ЕМК "Е" позволят измерять

расхождение шкал времени сетей операторов с точностью, которую требует упомянутый приказ.

Правительством РФ утверждена программа "Ликвидация цифрового неравенства", в рамках которой в малых населенных пунктах будут устанавливаться уличные беспроводные точки доступа к сети Ethernet. В настоящее время силами оператора ПАО "Ростелеком" строится пилотная зона в Тюменской области. При обслуживании точек беспроводного доступа требуется проводить измерение качества каналов с привязкой их к местности. Технические и метрологические характеристики прибора МАКС-ЕМК "М" позволяют использовать его для этих целей.

Прибор можно также применять при техническом обслуживании, проведении ремонтных работ, паспортизации сетей и услуг, приемо-сдаточных испытаниях на сетях Ethernet и Gigabit Ethernet, а также использовать в качестве арбитражного средства при проверке показателей качества услуг связи. Наличие двух измерительных портов позволяет подключиться сразу к двум интерфейсам или измерять параметры оборудования при передаче данных с порта на порт.

Наличие удаленного управления по IP позволяет полноценно использовать прибор, даже если он подключен к сети за сотни километров от оператора. А усовершенствованное представление настроек и результатов тестов в прилагаемой программе удаленного управления позволяет воспользоваться расширенными возможностями прибора при отражении результатов на экране ПК, соединенного с ним через Ethernet или USB порты. Результаты проведения любого теста могут быть сохранены во встроенной энергонезависимой памяти. На основании этих данных формируются отчеты как в графическом, так и в табличном виде.

Подводя итог, можно сказать, что сегодня на российском рынке уже представлены самые современные решения для тестирования и эксплуатации сетей связи, базирующихся на пакетной маршрутизации. При этом совершенно необязательно искать такие приборы только у зарубежных производителей. Актуальные предложения отечественных разработчиков измерительного и телекоммуникационного оборудования также разнообразны и функциональны. А с учетом российского ценообразования такие решения должны быть еще и доступны не только крупным операторам связи, но и всем остальным участникам телекоммуникационного рынка. ■