

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение количественных и качественных параметров в Ethernet сетях



А.В. Кузовлев
главный конструктор
ЗАО НПП «КОМЕТЕХ»



Н.Л. Сторожук
управляющий филиалом
«Бинар-КОМ СПб»
ООО «Бинар-КОМ», к.т.н.

Введение

До настоящего времени многие операторы в договорах с клиентами не фиксировали параметры качества своих услуг, зачастую с клиентом оговаривалась лишь емкость канала, а пропускная способность предоставлялась без какой-либо гарантии ее наличия.

В настоящее время пользователи стали более компетентны и подобные варианты для многих, особенно корпоративных клиентов, не приемлемы, уже вряд ли кто-либо согласится на такие условия. Конкуренция на рынке телекоммуникационных услуг постоянно растет, при этом предложение часто превышает спрос, стоимость услуг падает, а операторы развивают свои магистральные сети, расширяя емкость и территориальное покрытие. При этом клиентам есть из чего выбирать.

С другой стороны, технология не стоит на месте: появились новые средства передачи данных и их защиты. Сети с пакетной коммутацией теперь доставляют не только данные, но и служат транспортом для

самых разных сервисов с различными, а иногда и противоречивыми требованиями к сети: данные, видео, голос, сетевые игры, разнообразные бизнес-приложения и т.д. И все эти приложения требуют от транспортной среды обеспечения заявленных параметров качества. В таких постоянно меняющихся условиях нужно четко понимать, какие требования к качеству выдвигает клиент и что именно может предложить оператор. Вопрос качества сервиса играет все более важную роль в развитии рынка телекоммуникаций.

Существующая в настоящее время в России нормативно-правовая неопределенность с объемом оказываемых услуг электросвязи, измерениями технических параметров этих услуг и требованиям к техническим средствам, выполняющим данные измерения, является основной причиной возникновения разногласий между операторами, предоставляющими услуги, и пользователями. Эти разногласия приводят к конфликтам, которые в ряде случаев ведут к судебным разбирательствам по вопросам обоснованности объема предоставлен-

ных услуг и, соответственно, размера оплаты за них пользователями. Чаще всего эти судебные процессы заканчиваются не в пользу операторов, которые пока не имеют возможности подтвердить в суде объем оказанных услуг.

Доказательность результатов измерений технических параметров, определяющих объем выполненных услуг, при использовании их в качестве аргументов в правовых спорах, может быть обеспечено наличием:

- нормативного правового акта, определяющего значения пределов допускаемых погрешностей измерений и порядка проведения их технического контроля и документального оформления результатов технического контроля;

- технических системы и устройства с измерительными функциями, применяемых для учета объема оказанных услуг электросвязи, имеющих сертификат соответствия или зарегистрированную декларацию о соответствии;

- приборов, измеряющих количественные и качественные параметры Ethernet каналов, имеющих сертификат об утверждении типа средств измерений.

Вопросы создания нормативно правовых актов и определение порядка подтверждения соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями в настоящее время прорабатываются специалистами Федерального агентства связи и Минкомсвязи РФ, мы же попробуем в данной статье определить требования к средствам измерений для Ethernet сетей.

Еще в недавнем прошлом, в то время, когда на сетях операторов связи преобладали системы с коммутацией каналов и их временным разделением, тестирование на основе проверки частоты появления битовых ошибок было предпочтительной методикой, потому что качество тракта легче всего было оценить по его возможностям безошибочной передачи информации.

К сожалению, в Ethernet сетях данная методика не дает желаемого результата, поскольку Ethernet уже на втором уровне обычно имеет коммутаторы, и аппаратный шлейф не может быть использован. Целостность Кадра Ethernet проверяется на каждом коммутирующем элементе, и хотя бы одна битовая ошибка приведет к отбрасыванию всего кадра, таким образом, ошибочный бит никогда не дойдет до анализатора, и обнаружена будет только потеря кадра. По этой причине стандартный BER-тест не подходит для тестирования производительности Ethernet сетей и сетевых элементов.

Оконечным оборудованием для каналов Ethernet часто являются компьютеры. Но использовать их для тестирования канала Ethernet также не всегда возможно, поскольку это не специализированные устройства. Компьютеры с сетевыми картами не способны генерировать трафик с варьируемой нагрузкой вплоть до стопроцентной скорости загрузки канала, производить измерения на нижних уровнях модели IP, формировать настраиваемые шлейфы разного уровня с фиксированной задержкой. Они обладают зависимостью результатов от операционной системы (при использовании Windows и других многозадачных систем от наличия запущенных

конкурирующих процессов), а также зависят от конфигурации своей аппаратной части. Кроме того, следует иметь в виду, что сетевые карты выполняют функцию фильтров ошибок, отбрасывая пакеты, содержимое которых не соответствует контрольной сумме, сопровождающей пакет. Для тестирования может возникнуть желание пользоваться простой функцией ICMP-протокола - эхотестированием, проверкой достижимости узла сети – командой "Ping". Но данное тестирование не позволяет продемонстрировать производительность, правильно померить задержку передачи, неравномерность передачи и целостность сервиса.

Поэтому производители сетевого оборудования и операторы приняли для тестирования сетей на основе Ethernet в качестве стандарта методологию RFC 2544.

Что такое RFC 2544?

Стандарт RFC 2544 был разработан рабочей группой по стандартам для сети Интернет (IETF) и является методологией де-факто для проведения измерений, используемых для проверки параметров производительности и разнопланового тестирования сетей Ethernet. Стандарт описывает методику контрольных испытаний, проводящихся при отсутствии рабочего трафика, которая позволяет оценить производительность сетевых элементов с помощью четырех тестов: пропускной способности, неравномерной передачи данных, зависимости уровня потерь пакетов от загрузки канала и задержки распространения пакетов, причем каждый тест позволяет проверить определенные параметры, описанные в SLA. Методика указывает рекомендованные значения для размеров кадров, длительности тестов и количества измерений. В результате проведения измерений получаются результаты, дающие представление о производительности тестируемой Ethernet сети.

Чтобы убедиться в возможности тестирования Ethernet сети поддерживать широкий диапазон сервисов, таких как VoIP, видео и т.п., в наборе тестов RFC 2544 поддерживаются семь предварительно определенных размеров кадров (64, 128, 256, 512, 1024, 1280 и 1518 байт), что позволяет имитировать различные условия передачи трафика. Малый размер увеличивает количество кадров, которые необходимо отправить, и, таким образом, добавляет нагрузку на сетевой элемент.

Измерение пропускной способности

Тестирование пропускной способности позволяет определить максимальное количество кадров в секунду, которые могут быть переданы без возникновения потерь пакетов. Этот тест проводится для определения максимально возможной скорости коммутации для сетевых элементов (свитчей, маршрутизаторов) в транспортных сетях Ethernet. Методика измерений заключается в запуске теста с максимальной скоростью и сравнении количества отправленных и полученных кадров. В случае обнаружения потери кадров скорость передачи

делится пополам, и тест запускается заново. Если в ходе этого процесса потери кадров не возникло, то скорость передачи увеличивается на половину разницы скорости предыдущего теста. Эта методика известна как схема деления/удвоения. Тестирование продолжается до тех пор, пока не будет найдена максимальная скорость, на которой потери кадров не возникает.

Измерение пропускной способности проводится для каждого размера кадра. Хотя время тестирования, на протяжении которого проводится передача кадров, может быть небольшим, для правильных результатов измерений оно должно быть не менее 60 секунд. Каждый результат теста необходимо занести в отчет, с использованием в качестве единиц измерения количества кадров с секунду или бит в секунду.

Измерение неравномерной передачи данных

Измерение неравномерной передачи данных позволяет оценить возможности буферизации в маршрутизаторах и свитчах. С помощью этого теста измеряется максимальное количество кадров, полученных на максимальной скорости линии до того момента, пока не произойдет потеря кадров. В транспортных сетях Ethernet это измерение является полезным, поскольку

позволяет проверить форсированную скорость передачи (EIR), которая фигурирует во многих соглашениях об уровне сервиса (SLA). Во время теста кадры передаются по сети с минимальным межфреймовым интервалом. В случае потери кадра длина пачки фреймов сокращается. В случае прохождения теста без ошибки, длина пачки увеличивается. Продолжительность теста должна быть не менее 2 секунд, а само измерение необходимо повторить не менее 50 раз. Тест проводится для каждого размера кадра, а результат представляется в отчете в виде усредненного значения.

Измерение потерь кадров

Тестирование потерь кадров позволяет оценить реакцию сети, работающей в условиях перегрузки. Такой тест критичен для проверки возможности сети поддерживать приложения, работающие в реальном времени, где большой процент потерь быстро приведет к деградации качества сервиса. Поскольку при работе в реальном времени повторной передачи не происходит, такие сервисы могут полностью потерять свою работоспособность, если потери кадров не будут взяты под контроль. При тестировании измерительный прибор отправляет трафик на максимальной скорости линии и проверяет, не произошли ли потери кадров.

EXPONET → **Выставки России, СНГ и мира**

Проект EXPONET.RU является ведущим выставочным порталом в регионе. На его страницах информация о более 4500 предстоящих торгово-промышленных выставках с подробным описанием, уполномоченными участниками, более 2500 каталогов участников всевозможных выставок.

Партнерами портала являются более 450 крупнейших фирм - организаторы выставок из более чем 60 стран городов России и СНГ, поставщики выставочного оборудования, производители бизнес-сувениров, гостиничные и туристические операторы, рекламные и консалтинговые фирмы, типографии и издательства.

Прямо на сайте можно:

- Оформить участие в выставке
- Заказать строительство стенда
- Взять в аренду выставочное оборудование
- Разместить рекламу в СМИ
- Заказать рекламные услуги
- Получить приглашение для посещения выставки

www.EXPONET.ru

Заказ участия в выставках 8-800-200-2976*

*8-800-200-EXPO на клавиатуре Вашего мобильного телефона. Звонок по России бесплатный

На правах рекламы

Если потери возникают, то измеренные значения фиксируются, а тест проводится еще раз с уменьшенной скоростью передачи (шаг может быть достаточно большим, например 10% скорости, однако рекомендуется использовать меньшие значения). Тест повторяется до тех пор, пока в трех последовательных измерениях потери кадров не обнаруживаются, а результат представляется в виде графика и таблицы. Результаты представляется в виде значений в процентах потерянных кадров, которые показывают отклонение между предложенной нагрузкой (переданными кадрами) и реальной нагрузкой (полученными кадрами). Этот тест необходимо проводить отдельно для каждого размера кадров.

Измерение задержки

Измерение задержки проводится для оценки времени, которое необходимо кадру для прохождения по сети от исходного элемента к конечному сетевому элементу (тестирование между оконечных точек). Этот тест может также быть сконфигурирован, чтобы измерить круговую задержку, т.е. для измерения времени, которое необходимо кадру для прохождения от исходного элемента к конечному элементу и возврата обратно. Если время задержки меняется от кадра к кадру, это может вызвать проблемы в работе сервисов реального времени. Например, изменения задержки в приложениях VoIP приведут к деградации качества голоса, появлению треска и щелчков в линии. Большая задержка также может привести к ухудшению качества Ethernet сервисов. В клиент-серверных приложениях может произойти истечение времени ожидания на сервере, или клиентское приложение будет работать с перебоями. Для приложений VoIP результатом большой задержки будут большие паузы в разговоре, как если бы линия проходила по спутниковому каналу связи. Процедура тестирования начинается с измерения пропускной способности для каждого размера кадра, что позволяет убедиться в безошибочной передаче кадров. Таким образом, происходит заполнение буферов всех сетевых элементов, а измерение задержки проводится в самых тяжелых условиях. На втором шаге измерительный прибор отправляет трафик на протяжении 120 секунд. В середине интервала передачи кадры должны быть помечены временными метками. Таким образом, по прибытии кадра обратно в тестирующий прибор можно вычислить задержку. Передача должна продолжаться на протяжении всего периода измерений. Это измерение необходимо проводить 20 раз для каждого размера кадра, результат должен быть представлен средним значением задержки..

Измерение пакетного джиттера

Еще одним важным измерением в сетях Ethernet, хотя и не включенным в рекомендацию RFC 2544, является измерение пакетного джиттера. Это измерение является важным, поскольку чрезмерные значения джиттера могут вызвать серьезные проблемы в работе

приложений реального времени, таких как VoIP или потоковое видео. В приложениях VoIP джиттер приводит к возникновению провалов. В приложениях видео изображение может быть искажено или пикселизовано. Задержка кадров может меняться со временем. Именно эти отклонения в интервалах прибытия пакетов называются джиттером пакетов. Если в начале передачи интервал между всеми кадрами одинаковый, то по мере прохождения кадров по сети он буферизуется и маршрутизируется различными сетевыми элементами, при этом расстояние между индивидуальными кадрами начинает изменяться. Возникновение джиттера также связано и с неоднородностью реального сетевого потока, проходящего через узлы сети, а также с действием механизмов дифференцированного обслуживания сетевого трафика.

Измерение пакетного джиттера согласно методике должно выполняться на максимальной скорости передачи, поскольку именно здесь возникают максимальные отклонения.

Несмотря на то, что стандарт RFC 2544 очень эффективен для оценки параметров производительности коммутирующих сетевых устройств, присутствующих в сети, изначально он был разработан для сравнительного тестирования производительности отдельных сетевых элементов, что не требовало проведения тестов, чувствительных ко времени. Например, только одно измерение задержки требует 20 тестов для 7 различных размеров кадров. В результате получается, что тест выполняется 140 раз и минимум по 2 минуты, что приводит к 4,6 часа измерений только для теста измерения задержки. Поскольку завершение всей серии тестов RFC 2544 вручную отнимало бы очень много времени, от современных тестеров, выполняющих измерения по этой рекомендации, требуется определенный уровень автоматизации для упрощения тестирования сетей Ethernet и снижения времени на эти тесты. Современное измерительное оборудование автоматизирует тестовые процессы и легко настраивается на выдачу результатов на основе критерия «годен/негоден». Тестовые решения для Ethernet на основе рекомендации RFC 2544 предоставляют в распоряжение операторов средство для полной проверки и оценки параметров производительности сетей Ethernet, обеспечивая всестороннее тестирование и предоставление отчетов, что является критически важным для определения параметров производительности при подписании SLA с заказчиком или при поиске неисправностей и обслуживании линий и сетей.

Операторы обычно проводят тестирование и паспортизацию сети и сетевых элементов сначала в «лабораторных» условиях, а затем, основываясь на полученных данных, модифицируют измерения RFC 2544 для замеров в полевых условиях и активации сервиса. Для некоторых случаев количество размеров кадров слишком избыточно. Тогда, можно настроить тест так, чтобы измерения производились только с пограничными значениями размеров кадров, например, с использованием кадров размером 64 и 1518 байт (могут быть и больше при использовании VLAN-тегов). В других

случаях количество размеров может оставаться рекомендованными по умолчанию, но проводятся не все тесты, а, например, только измерение пропускной способности и задержки, также можно ограничить и количество размеров, и количество тестов.

При этом тестировании имеет решающее значение и то, что операторы обязаны всесторонне протестировать сервис перед передачей его заказчику, поскольку потом уже не будет возможности иметь полный доступ к сервису без прерывания трафика клиента.

Тестировать можно разные участки сети. Измерения магистральных участков подразумевает контроль параметров качества в ядре сети оператора между пограничными маршрутизаторами его сети. За каждым пограничным маршрутизатором можно установить устройство заворота трафика. Затем осуществляется измерение параметров качества. В случае тестирования участков сети последних миль параметры качества контролируются между узлами, за пограничными маршрутизаторами.

Для удобства тестирования оборудования Ethernet прибор должен иметь как минимум два порта. Это позволит подключиться сразу к двум интерфейсам и измерять параметры оборудования при передаче данных с порта на порт. Наличие нескольких портов позволит пропускать трафик через прибор, производить фильтрацию пакетов, а также осуществлять сбор статистической информации без перерыва связи.

Часто возникает необходимость тестировать оборудование и сети «на выезде». Портативное измерительное оборудование для серии тестов RFC 2544 позволяет персоналу, проводящему измерения в полевых условиях, немедленно получить результаты измерений и продемонстрировать клиенту, что сервис Ethernet соответствует подписанному соглашению (SLA). Результаты тестов нужно сохранять, чтобы, производя измерения по RFC 2544 в будущем тех же участков сети, было от чего отталкиваться, и можно было бы строить сравнительные характеристики.

Заключение

Из изложенного выше можно определить требования к средствам измерений для Ethernet сетей, они должны:

- иметь метрологические параметры, позволяющие измерять продолжительность сеанса передачи данных, количество переданной и принятой информации;
- обеспечивать техническую возможность и для проверки метрологических параметров;
- реализовывать методику стандарта RFC 2544 и проводить измерение пакетного джиттера;
- обеспечивать высокий уровень автоматизации, что позволит провести тщательный всесторонний анализ с минимальным временем и максимальной эффективностью;
- быть небольшого размера и веса, иметь возможность работы без сетевого питания;
- иметь в своем составе устройство, обеспечивающее заворот трафика на физическом, канальном и сетевом уровнях;
- иметь два измерительных порта, что позволит измерять параметры оборудования, а также проводить анализ трафика без перерыва связи;
- управляться, в том числе и дистанционно, иметь возможность архивации и протоколирования результатов измерений.

Список литературы:

1. RFC 2544: Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>.
2. Рекомендация МСЭ-Т М.2301 Нормы на качественные показатели и процедуры для подготовки к работе и для эксплуатации сетей на основе IP. <http://www.itu.int/itudoc/itu-t/aap/sg4aap/history/m2301/>.
3. Максим Краюшин, Контроль качества в сетях IP// Журнал сетевых решений/LAN <http://www.osp.ru/lan/2009/02/7155841/>
4. RFC 2544: How it helps qualify a carrier Ethernet network». EXFO <http://exfo.com>.
5. А.В. Кузовлев, Контроль качества в сетях IP// Техника Связи – 2009. - №3-4.
6. Отчет о НИР разработка проекта технического регламента «Технический регламент на технические системы и устройства с измерительными функциями, применяемые для учета объема оказанных услуг электросвязи» ФГУП ЦНИИС 2010 г.