

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Комплекс измерений для оценки параметров качества передачи в пакетных сетях



Н.Л. Сторожук
заместитель
генерального директора
ООО «Бинар-КОМ», к.т.н.



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

В статье рассматриваются проблемы оценки качества передачи данных в пакетных сетях и необходимый для этого комплекс измерений.

Complex of measurements for packet networks data transmission quality control

Problems of data transmission quality control within packet networks and necessary complex of measurements are discussed in the article

Современные сети с пакетной коммутацией отличаются многообразием сетевых сервисов, и качество обслуживания в современных условиях приобретает очень весомое значение. Не так много времени прошло с тех пор, когда операторы связи предлагали свои услуги без определения их параметров качества, зачастую с клиентом оговаривалась лишь максимальная скорость канала. При этом в порядке вещей было даже предложение канала с нулевым значением минимальной гарантированной скорости передачи данных, т. е. предоставление пропускной способности без какой-либо гарантий ее наличия. Однако такие условия в настоящий момент не приемлемы, это противоречит постановлениям правительства РФ и приказам Минкомсвязи, да клиенты стали более компетентны в вопросах качества и уже вряд ли кто-либо согласится на такие условия. Конкуренция на рынке телекоммуникационных услуг постоянно растет, при этом предложение зачастую превышает спрос, стоимость услуг неукоснительно падает, а операторы развивают свои магистральные сети, расширяя емкость и территориальное покрытие, клиентам есть из чего выбрать.

С другой стороны, технология не стоит на месте: появились новые средства передачи данных и их защиты. Сети на базе IP 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 всех этих случаях от транспортной среды требуются обеспечение заявленных параметров качества. В таких постоянно меняющихся условиях нужно четко понимать, какие требования к качеству транспорта IP выдвигает клиент и что именно может предложить оператор. Вопрос качества сервиса играет важнейшую роль в развитии рынка телекоммуникаций. Поэтому, в последнее время, все чаще поднимается вопрос о необходимости систематического проведения контроля параметров качества услуг связи в операторских сетях с пакетной коммутацией (передача данных, голосовой информации, телематических услуг связи и т. д.), что в свою очередь требует разработки критериев контроля и методик его проведения, а также наличия средств измерений параметров сети.

Для того чтобы критически важные сетевые сервисы не страдали в моменты перегрузок, на протяжении всего транзитного участка должна быть реализована политика дифференцированного обслуживания трафика сетевых сервисов QoS (Quality of Service). QoS представляет собой набор методов для контроля и управления перечисленными выше параметрами качества, с помощью которых пропускная способность перераспределяется в моменты перегрузок, что позволяет обеспечить функционирование критических сервисов за счет ограничения трафика менее важных сетевых приложений. Это достигается путем назначения различных уровней приоритета для каждого вида услуг. Однако, реализации политики дифференцированного обслуживания в корпоративной сети недостаточно для обеспечения надлежащего функционирования критически важных приложений. QoS будет успешно работать в моменты перегрузок, но в случае ухудшения параметров канала настройкой QoS проблемы не решить, и в этом случае возникает ряд вопросов:

- как быть уверенным, что параметры качества всей сети удовлетворяют установленным требованиям?
- как убедиться в произвольный момент времени, что декларированные оператором параметры находятся в норме и не ухудшились с момента приема услуги?
- в случае выхода какого-либо из параметров за установленные пределы, как выяснить причину происшедшего? Действительно ли виной тому нехватка пропускной способности?
- на каком из участков сети возникла проблема, в чьей зоне ответственности она находится, что надо делать и кому?

Оконечным оборудованием для каналов Ethernet часто являются компьютеры. И первым делом возникает желание реализовать какую-либо схему тестирования на базе компьютера и стандартной сетевой карты. Но использовать их для тестирования канала Ethernet не представляется возможным, поскольку

это не специализированные устройства, во-первых, не способны генерировать трафик с варьируемой и настраиваемой нагрузкой вплоть до стопроцентной скорости загрузки канала; во-вторых, такая схема не позволяет производить измерения на нижних уровнях модели IP; в-третьих, схема не позволяет формировать настраиваемые шлейфы разного уровня с фиксированной задержкой; в-четвертых, схема не позволяет проводить измерения ошибок. При этом ПК обладают зависимостью результатов от операционной системы и от конфигурации аппаратной части компьютера, а 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 – эхо-тестированием, проверкой достижимости узла сети – командой «Ping». Но данное тестирование не позволяет продемонстрировать производительность, правильно померить задержку передачи, неравномерность передачи и целостность сервиса. Поскольку, опять же требуемой загрузки канала получить не возможно. А при измерениях кроме требуемых параметров, таких как задержка распространения, начинают суммироваться произвольные задержки обработки более высокоуровневых элементов схемы, таких как IP-стеки на приеме и передаче.

Когда по IP сети осуществляется транспорт сетевых сервисов, качество транспортной среды определяется несколькими параметрами:

- полоса пропускания, номинальная пропускная способность среды передачи;
- потеря пакетов;
- круговая задержка;
- вариация задержки (пакетный джиттер).

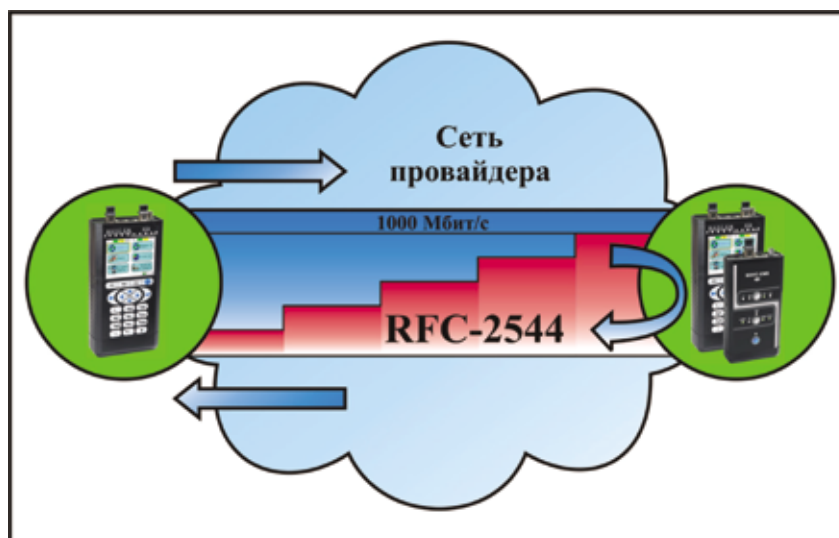


Рис.1. Тест RFC 2544

Методики измерения этих параметров описываются в рекомендациях RFC-2544 и RFC-3393.

Тестирование по методике RFC 2544

Стандарт RFC 2544 был разработан рабочей группой по стандартам для сети Интернет IETF (Internet Engineering Task Force) и на данный момент является самой распространенной методикой для проведения измерений, используемых для проверки параметров производительности и разнопланового тестирования сетей Ethernet. Стандарт описывает сценарий автоматизированной процедуры тестирования Ethernet канала при отсутствии рабочего трафика. В сценарии фиксированы ключевые параметры для тестов пропускной способности, задержки распространения пакетов, зависимости уровня потерь пакетов от загрузки канала и теста определения времени предельной нагрузки канала. Причем каждый тест позволяет проверить определенные параметры, описанные в соглашениях об уровне сервиса SLA (Service-level agreement). Методология тестов определяет размеры кадров, продолжительность испытания и число повторений испытаний. В результате проведения измерений получаются результаты, дающие представление о производительности тестируемой Ethernet сети (рис. 1).

Тест 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.

Тест измерения задержки распространения

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, также при больших задержках появятся паузы в разговоре. 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.

Тест 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.

Тест предельной нагрузки

Измерение неравномерной передачи данных (тест предельной нагрузки), позволяет оценить возможности буферизации в маршрутизаторах и свитчах. В транспортных сетях Ethernet это измерение является полезным, поскольку позволяет проверить форсированную скорость передачи, которая фигурирует во многих соглашениях об уровне сервиса.

Тестирование с помощью шлейфа

Тестирование сетей Ethernet с помощью функции шлейфа весьма распространено. Такое тестирование позволяет снизить время диагностики и локализовать проблему. С помощью шлейфа различного уровня можно проводить тесты RFC-2544 или BERT, а также

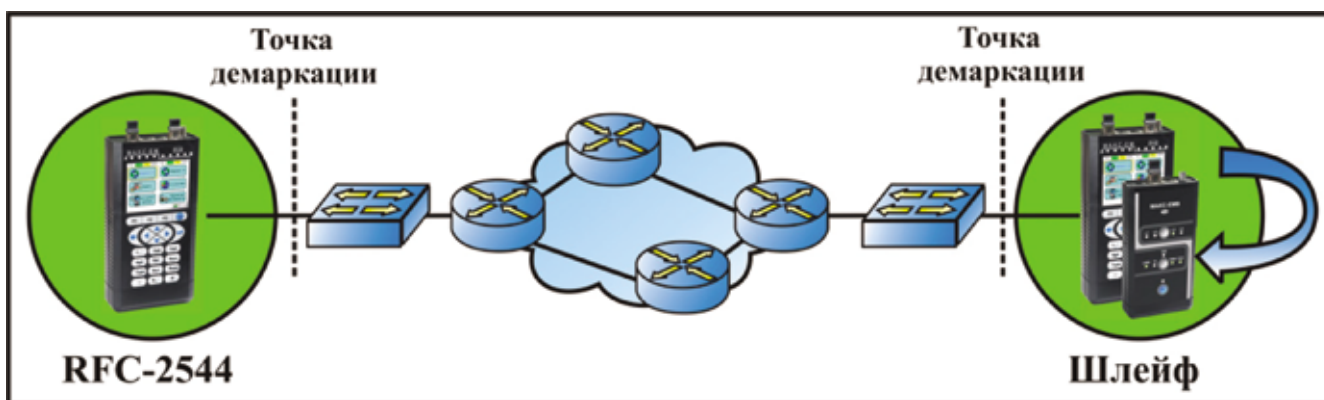


Рис. 2. Функция «Шлейф»

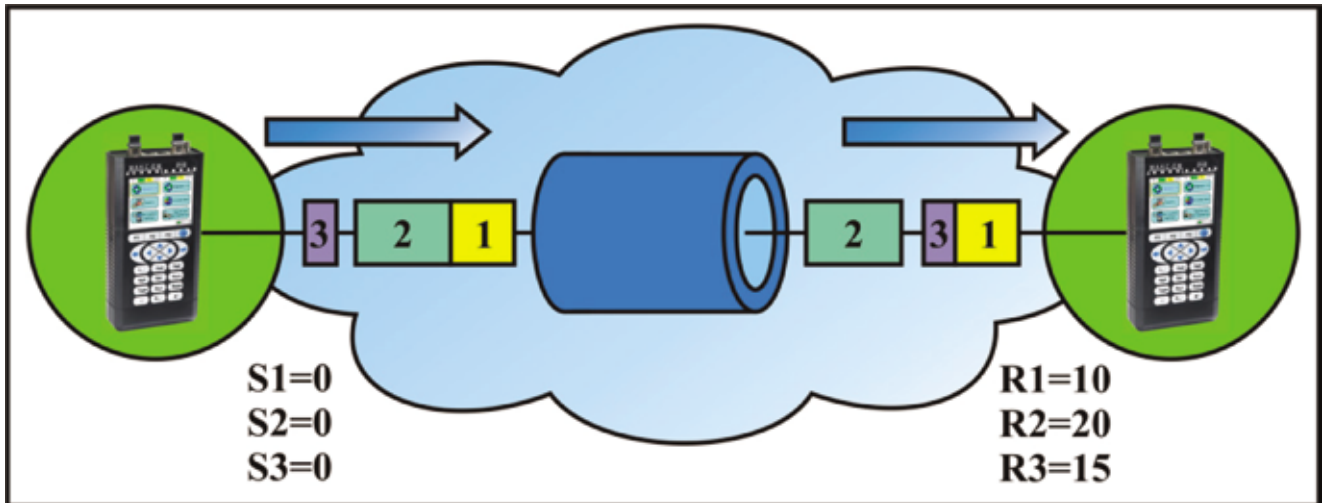


Рис. 3. Пакетный джиттер

любое другое тестирование, требующее заворот передаваемого трафика в обратном направлении (рис. 2).

На порту при включенной функции шлейфа одновременно можно просматривать статистику по принимаемым и передаваемым пакетам, на любом из уровней, осуществлять выборку входящего трафика, отфильтровывать пакеты, предназначенные для сетевого стека этого интерфейса.

Функцию шлейфа можно реализовать на любом из трех нижних уровней модели IP: физическом, канальном или сетевом. При этом в приборе реализован алгоритм перестановки либо подмены полей пакета, соответствующих каждому из уровней. Для канального

уровня – это MAC-адреса источника и получателя, для сетевого уровня IP-адреса источника и получателя.

Тестирование по методике RFC-3393

Важной характеристикой участка сети является вариация задержки пакетов (пакетный джиттер), которая определяется в RFC-3393 как разница сквозных задержек прохождения двух пакетов (рис. 3).

Если S_i - время отправки пакета (при этом временная метка включается в тело пакета), а R_i - время доставки пакета, то значение вариации задержки для пакетов с номерами i и j будет рассчитываться согласно простой формуле:

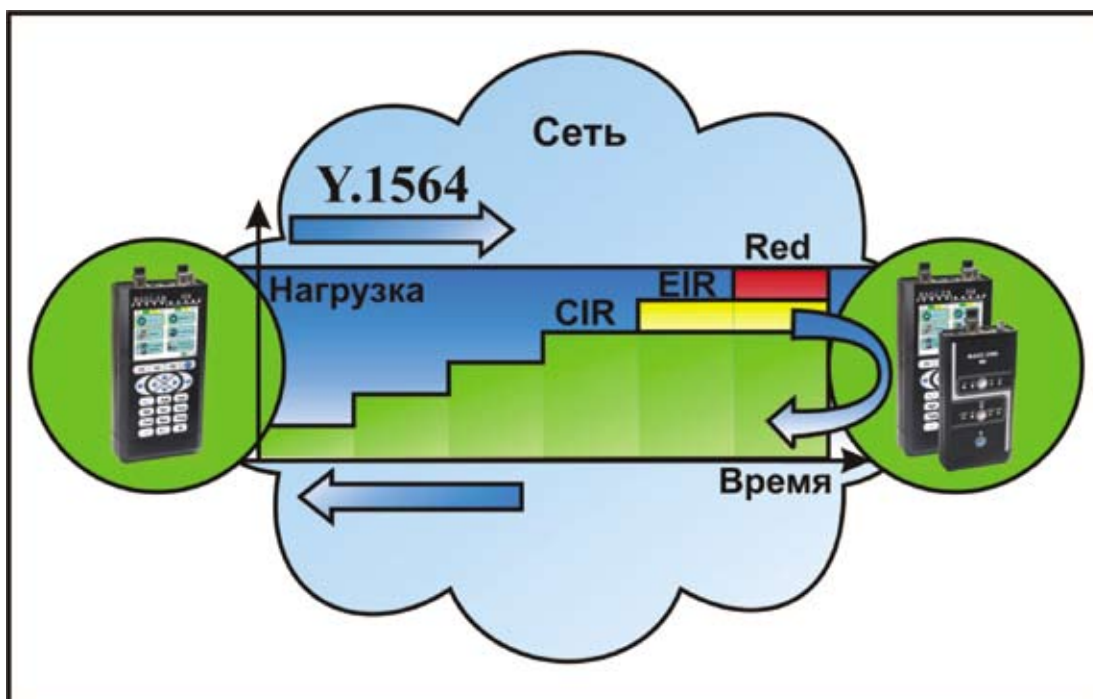


Рис. 4. Тестирование по методике ITU-T Y.1564

МАКС-ЕМК



- увеличено количество метрологических параметров и их точность;
- добавлены новые опции тестирования, в том числе измерение параметров синхронизации (IEEE 1588 2), измерения по рекомендации ITU-T Y.1564;
- существенно увеличена емкость встроенных аккумуляторов.

Группа компаний ВИАКОМ ХОЛДИНГ
Бинар-ком
 оборудование для телекоммуникаций

Центральный офис
 Россия, 107140,
 г. Москва, п/о 140 а/я 28
 ООО "Бинар-КОМ"
 тел.: +7 (495) 215 12 80
 +7 (495) 995 01 34
 +7 (495) 227 98 63
 e-mail: office@binar-com.ru
 http://www.binar-com.ru
 Адрес: г. Москва,
 Коломенский проезд, д. 14, 5 этаж

Санкт-Петербургский филиал
 Россия, 190103,
 Санкт-Петербург, п/о 103 а/я 208
 Филиал "Бинар-КОМ СПб"
 ООО "Бинар-КОМ"
 тел.: +7 (812) 313 25 49
 тел./факс: +7 (812) 333 06 62
 e-mail: mail@binar-com.ru
 http://www.binar-com.ru
 Адрес: г. Санкт-Петербург,
 Лермонтовский пр., д. 54

Новый прибор серии МАКС для максимально точного и полного измерения IP/Ethernet

$$D_{i,j} = (R_j - R_i) - (S_j - S_i)$$

В RFC 3550 определен метод инкрементального расчета вариации для серии пакетов:

$$J_i = \frac{J_{i-1} + ((D_{i-1})^i (-J_{i-1}))}{16}$$

При измерении берутся средние значения вариации задержки за заданный промежуток времени.

Возникновение вариаций задержки вытекает из самой природы пакетной коммутации сети IP. В идеальном случае вариация равна нулю, то есть длительность доставки пакетов не различается. Однако в силу неоднородности сетевого потока, проходящего через узлы сети, а также вследствие действия механизмов дифференцированного обслуживания сетевого трафика вариации не являются нулевыми.

Тестирование по методике ITU-T Y.1564

Y.1564 – более современная методика активации сервисов сетей Ethernet. Методология теста разбивается на две части: тест конфигурации сервиса, которая поможет найти и исправить проблемы с конфигурации сети, и тест эксплуатации сервиса, которая подтверждает, что производительность соответствует критериям приемки и обслуживания является неизменным со временем (рис. 4).

Как и в предыдущих рекомендациях, показатели эффективности включают в себя:

- пропускную способность;
- задержку;
- потери кадров;
- пакетный джиттер.

Отличие данной рекомендации состоит в том, что все показатели измеряются не последовательно, а параллельно, что значительно снижает время прохождения теста. Оценка пропускной способности производится с разделением на интервалы с учетом перегрузок в сети.

История развития цифровых телекоммуникационных сетей тесно связана с решением задач синхронизации оборудования сетевых узлов. Изначально сети с коммутацией пакетов предназначались для передачи асинхронных данных. Но так как в современных условиях пакетные методы передачи становятся основными транспортными телекоммуникационными технологиями, это требует от них обеспечения качества передачи не хуже чем в сетях синхронной цифровой иерархии. В частности, должны обеспечиваться высокая готовность соединений, малые задержки, высокое качество синхронизации, низкий уровень ошибок, оперативность обнаружения неисправностей, удобство администрирования, резервирование, обеспечивающее отсутствие перерывов связи более 50 мкс. В современных сетях связи, наряду с проблемой так-

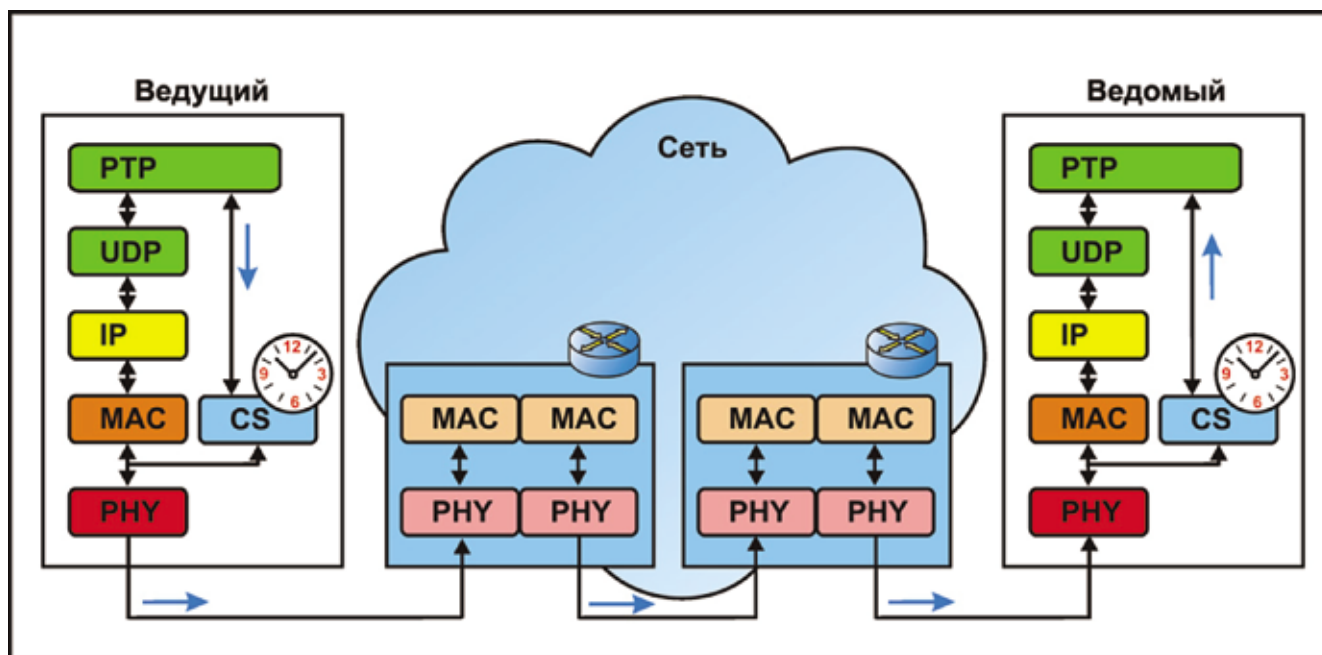


Рис. 5. Уровневая архитектура работы PTP

товой синхронизации, все большую актуальность приобретают задачи передачи сигналов времени с необходимой точностью. В связи с этим, возник целый комплекс задач согласования шкал времени по специальным меткам, передаваемым в пакетной транспортной среде. Для решения этих задач были разработаны двухсторонние сетевые протоколы NTP (Network Time Protocol) и PTP (Precision Time

Protocol). Последний, обеспечивающий более высокую точность, приобрел большую популярность.

Протокол PTP было первоначально стандартизован для промышленных предприятий и измерительной техники. Вторая версия протокола PTP (Рекомендация IEEE 1588 v2), которая вышла в 2008 году предполагает множество вариантов применения для решения тех или иных задач. Под каждое

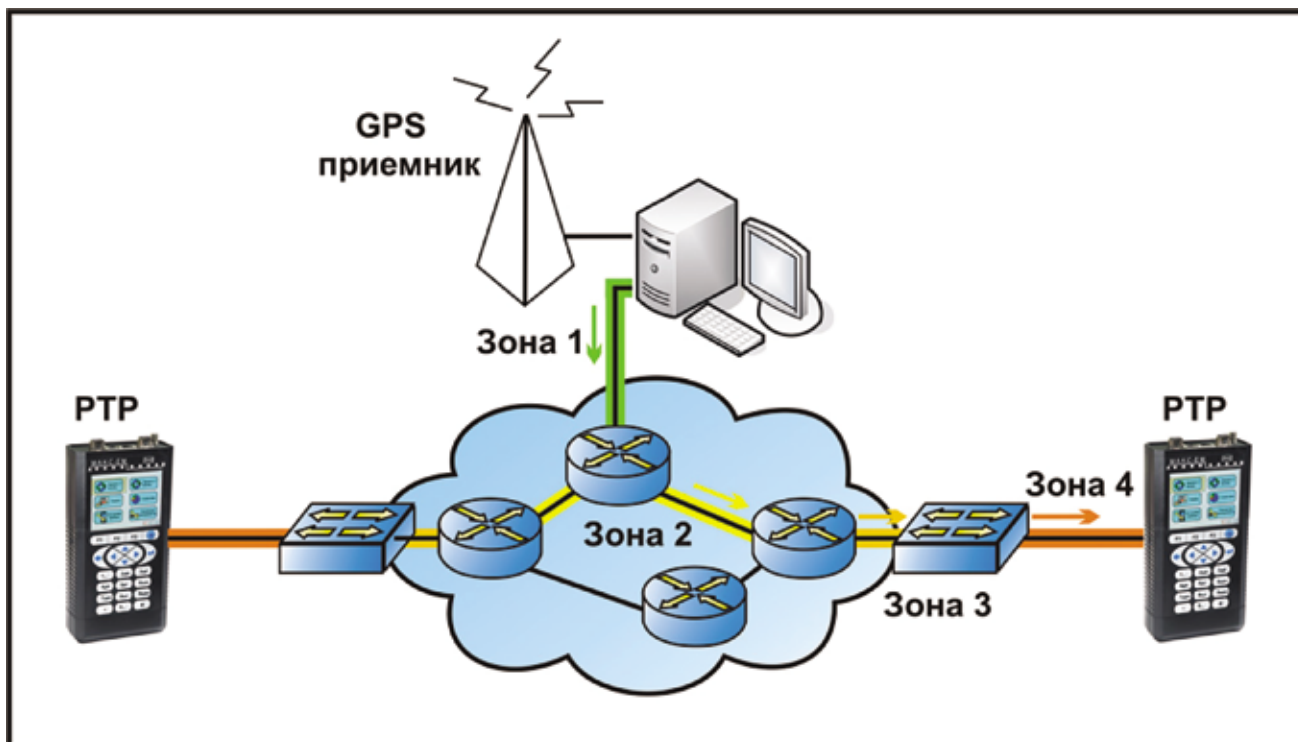


Рис. 6. Измерения по протоколу PTP

конкретное приложение выработан свой перечень установок, так называемый «профиль», в том числе разработаны и телекоммуникационные профили. Отрасли применения протокола RTP:

- проводная связь;
- сотовая связь;
- энергетика;
- промышленная автоматика;
- измерительная техника;
- роботизированные системы;
- финансовые приложения.

Протокол RTP является протоколом взаимодействия устройств участвующих в синхронизации. Протокол подразумевает двунаправленный обмен сообщениями, заключенными в структуру пакета, включающими в себя метки времени, и др. параметры. Сетевые элементы, задействованные в синхронизации можно поделить на три категории:

- мастер-устройства, содержащее RTP часы и которое является источником синхронизации (ведущий);
- слейв-устройства, которые синхронизируются от ведущего (ведомый);
- пассивные устройства, пропускающие через себя сигналы синхронизации, либо не участвующие во взаимодействии.

Уровневая архитектура работы RTP устройств представлена на рис. 5.

Для проверки работы системы синхронизации в пакетной сети нужно удостовериться, что в проверяемую точку приходят все сигналы синхронизации и протокол взаимодействует правильно. В процессе измерений эмулируется ведомое устройство RTP и осуществляется верификация всех сигналов синхронизации (рис. 6), при этом измеряются следующие параметры:

- смещение между ведущим и ведомым;
- средняя и односторонняя задержки;
- вариация задержки для пакетов;
- уход фазы между часами.

Помимо верификации самого протокола RTP с помощью этого алгоритма можно осуществлять измерения параметров асимметричных линий, таких как задержка и вариация задержки. Для асимметричных

линий стандартные измерения этих параметров, описанные по рекомендациям RFC2544 и RFC3393, не всегда дают корректный результат. Поэтому измерения данных параметров на основе протокола RTP перекрывают недостающее звено. При этом следует учесть, что генерация и считывание временных меток идут на нижнем уровне модели IP, что дает высокую точность определения временных параметров.

В последние годы сети с пакетной коммутацией становятся универсальной транспортной средой для передачи различных типов трафика, в том числе и для сервисов чувствительных к параметрам сетевой синхронизации, например, такие популярные телекоммуникационные технологии как Wi-Max, W-CDMA, LTE требуют поддержания временной синхронизации с точностью порядка 1 мкс. Таким образом, для полноценной оценки качества работы телекоммуникационных сетей с коммутацией пакетов необходимо наряду с измерением параметров описываемых рекомендациями RFC-2544 и RFC-3393 или Y.1564 проверять параметры синхронизации оборудования узлов сети.

Литература

1. Рекомендация МСЭ-Т G.703 Физические и электрические характеристики иерархических цифровых стыков.
2. Рекомендация МСЭ-Т G.821 Характеристика ошибок на международном цифровом соединении, образуемом в цифровой сети с интеграцией служб.
3. Рекомендация МСЭ-Т G.823 Нормирование дрожания и дрейфа фазы в цифровых сетях, основанных на иерархии 2048 кбит/с.
4. Рекомендация МСЭ-Т G.826 Показатели ошибок и нормы для цифровых международных трактов с постоянной скоростью передачи, равной или превышающей первичную скорость.
5. Рекомендация МСЭ-Т M.2100 Допустимые пределы показателей ошибок при вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании международных цифровых трактов, участков и систем передачи.
6. Рекомендация М.2301 Нормы на качественные показатели и процедуры для подготовки к работе и для эксплуатации сетей на основе IP.
7. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Синхронный Ethernet как основа частотно-временного обеспечения современных и будущих сетей связи. Электросвязь, №2, 2013.

Компания ПЕТЕP-СЕРВИС стала лауреатом независимой ежегодной премии в области HR за наиболее успешную работу с репутацией компании как работодателя «HR-бренд 2012». Компания была удостоена второго места в номинации «Северная столица».

В числе ведущих 95 работодателей России компания ПЕТЕP-СЕРВИС представила свой проект вниманию строгого и компетентного в области HR жюри. Сегодня многие компании-работодатели предлагают хорошие условия работы, возможности для развития, компенсационный пакет, но чтобы стать номинантом главной премии в области российского HR, нужно было сделать нечто большее.

Проект ПЕТЕP-СЕРВИС был посвящен новой бизнес-стратегии компании, переходу к инновационным подходам в управлении персоналом и развитию корпоративной культуры.

На протяжении 20-ти лет ведущий российский разработчик инновационных программных решений считает своих сотрудников самым ценным ресурсом, и награда в области HR – это признание успеха компании среди экспертов и коллег, клиентов и соискателей. Постоянное стремление создать сотрудникам лучшие условия для труда, обеспечить возможность обучаться и расширять свою компетенцию, сделали ПЕТЕP-СЕРВИС одной из престижных компаний-работодателей в отрасли.