

Методология организации измерений временных характеристик VoIP сети

Ключевые слова: временная задержка, идентификация пакета; хеш-функция; пакетные сети; методология эксперимента.

В данной статье рассматриваются основные проблемы организации экспериментальных установок для изучения вопросов, связанных с задержками пакетов на устройстве или сегменте пакетной сети. Проанализированы схемы организации подобных систем, описаны преимущества и недостатки. Определены основные проблемы идентификации пакетов, до и после прохождения их через различные сетевые устройства. Предложена методология идентификации пакетов при прохождении их через устройства, работающие на уровнях приложений, на основе использования хеш-функций.

Углов И.В.,
ФГУП ЦНИИС, Руководитель НЛ-3211,
uglov_ivan@mail.ru

Введение

Настоящая статья посвящена инженерно-техническим аспектам организации сбора данных о трафике на сетях, находящихся в коммерческой эксплуатации с реальным трафиком. Затронуты аспекты, связанные с идентификацией пакетов при прохождении их через сетевые устройства различных уровней, а также вопросы первичной обработки данных. Особое внимание уделено методам измерений показателей задержки передачи информации.

Показатель задержки передачи информации по сети связи – один из ключевых показателей, на основе которого можно делать выводы о качестве функционирования сети и, отчасти, о качестве предоставляемых на ее основе услуг. Особенно важным он является для потоковых видов трафика, возникающих в при аудио или видео соединениях в режиме реального времени. Для операторов сетей связи вопрос временных задержек является наиболее критичным. В отличие от трафика сети передачи данных, пользовательский и сигнальный трафик в сетях операторов должен соответствовать определенным требованиям, в частности, нормам на показатель задержки, несоблюдение которых приводит как к искажению передаваемой аудио и/или видео-информации, так и к снижению воспринимаемого пользователями качества услуг (Quality of experience, QoE). [1]. Как уже упоминалось выше, одним из важных показателей качества услуг телефонной связи в конвергентных сетях является время установления соединения. В случае возникновения больших задержек при передаче сигнального трафика по сети возможны проблемы с установлением сессий (аварийное прерывание, "зависание" и др.), что существенным образом на QoE пользователя. Задержка передачи сигнального трафика складывается из задержек передачи трафика по каналам связи (propagation delay) и задержек обработки сигнальных сообщений в оборудовании (processing delay).

Для изучения реальных свойств трафика, режимов работы оборудования, сети, и вносимых ею задержек

необходимы системы сбора и обработки данных. Подобные системы должны производить анализ данных в режиме реального или отложенного времени и не оказывать влияние на работу сети. В настоящей статье рассматриваются варианты организации пассивных и активных систем мониторинга сети, методы захвата и обработки данных. Предложены варианты решения типовых проблем в процессе организации подобных систем, таких как:

- синхронизация временных меток, при захвате данных несколькими устройствами или от нескольких источников;
- переполнение буферных очередей на сетевых интерфейсных картах;
- сбор и хранение больших объемов данных при схеме с отложенной обработкой информации;
- методы идентификации сообщений после прохождения их через сетевой элемент либо сегмент сети.

1. Классификация систем сбора данных

Анализируя типовые решения по организации систем сбора данных в пакетных сетях, можно выделить два основных направления классификации:

- по влиянию системы на существующую сеть (активные и пассивные системы);
- по режиму обработки данных (реального времени и с отложенной обработкой данных).

1.1. Активные системы сбора данных

Активные – системы сбора данных, предполагающие изменение топологии сети и внедрения измерительных устройств как одного из звеньев сети. На рис. 1 представлена типовая схема организации активной системы сбора данных с сети.



Рис. 1. Схема 1 организации активной системы сбора данных

Системы такого рода обладают весомым преимуществом – возможностью сбора данных непосредственно с изучаемого сегмента сети или узла, не искаженных коммутационным оборудованием, используемым для зеркалирования трафика. Но также имеют и ряд недостатков:

- для построения подобной системы необходимо внедрять новое активное оборудование на сети;
- в случае изучения реального коммерческого трафика возникает вероятность отказа системы сбора данных, который может повлечь за собой отказ одного из сегментов сети.

В силу обозначенных выше проблем с организацией и эксплуатацией подобного рода систем, внедрение их на сетях с коммерческим трафиком сильно затруднено.

1.2. Пассивные системы сбора данных

Пассивные – системы сбора данных, предполагающие установку дополнительных узлов и зеркалирование потоков данных с сети. Пассивные схемы сбора данных более широко используются для изучения реального сетевого трафика. Рассмотрим основные схемы организации пассивных систем.

Схема 2. Зеркалирование трафика на одном из коммутационных узлов сети (рис. 2).



Рис. 2. Организация пассивной системы сбора данных

Данная схема организации позволяет анализировать трафик, проходящий через коммутационный узел, частично или полностью. Подобная схема позволяет оценить объемы трафика и его структуру. Данная схема часто используется в коммерческих сетях для организации систем мониторинга и оценки качества работы сети и ее узлов.

Схема 3. Организация пассивной системы сбора данных с тестового узла (рис. 3).



Рис. 3. Организация пассивной системы сбора данных с тестового узла

На основе данной схемы (VLAN – виртуальная частная сеть) возможен анализ как входящих так и исходящих потоков трафика, анализ особенностей работы тестируемого устройства в условиях реальной или тестовой нагрузки. В данной схеме на трафик оказывает влияние тестируемое устройство, но не система сбора данных. При организации подобной системы сбора данных возможен не только анализ качественных и количественных показателей проходящего через тестовый узел или сегмент сети трафика, но и анализ влияние на проходящий трафик тестового узла. Данная схема является оптимальной для изучения временных характеристик работы тестируемого узла или сегмента сети, поскольку не возникает проблемы синхронизации временных меток.

Схема 4. Схема организации пассивной системы сбора данных с агрегированием зеркалированного трафика на едином сервере сбора данных представлена на рис. 4. Данная схема во многом похожа на схему 2, но позволяет также собирать трафик с различных участков сети, подключенных к различным коммутационным устройствам. При создании подобных схем необходимо учитывать влияние на задержку коммутационного оборудования и линий связи на пути следования трафика от места зеркалирования до сервера регистрации данных. Данная схема позволяет, также как и схема 3, обойти проблемы синхронизации времени за счет использования единого сервера регистрации данных.



Рис. 4. Организация пассивной системы с агрегированием трафика на едином сервере сбора данных

Схема 5. Схема пассивной распределенной системы сбора данных (приведена на рис. 5) – применяется, обычно, для исследования сети как единого целого, или ее разрозненных сегментов и представляет собой распределенную систему сбора данных на сети. При такой схеме данные собираются с нескольких узловых элементов сети и регистрируются на различных серверах. В связи с этим возникает проблема синхронизации времени на серверах регистрации данных. Данная проблема может быть решена в рамках стандартных средств синхронизации времени в сетях IP либо от источников точного времени. Более подробно данный вопрос будет рассматриваться в главе 3 данной статьи.



Рис. 5. Организация пассивной распределенной системы с агрегированием трафика на одном сервере сбора данных

Подобные системы сбора и анализа данных обычно работают в режиме квази-реального времени (обработка данных с небольшой задержкой). Величина задержки обычно определяется вычислительными мощностями центральных серверов обработки данных, а также длиной временного интервала, за который вычисляются статистические показатели качества работы сети и сетевых элементов.

Распределенные системы регистрации данных обычно применяются на больших пакетных сетях с целью оперативной оценки качества предоставляемых услуг и мониторинга возможных аварий. Распределенные системы часто представляют собой наложенную сеть, по которой на центральные сервера обработки данных приходит информация от удаленных серверов и центров регистрации данных.

2. Синхронизация времени на устройствах системы сбора данных

Одной из основных проблем при построении распределенных систем сбора данных является проблема синхронизации времени на элементах системы с заданной точностью. Для большинства задач связанных с мониторингом качества предоставляемых услуг вполне достаточно точности, обеспечиваемой протоколом синхронизации сетевого времени (Network Time Protocol, NTP). В тех случаях, когда необходимо проводить измерения временных задержек, вносимых сегментом сети или ее узлом необходимы более точные способы синхронизации времени. В случае необходимости высокоточных измерений необходимо также учитывать, что точность большинства кварцевых генераторов импульсов, устанавливаемых на компьютерах и серверах, не велика и колеблется в пределах 10^{-3} с – 10^{-4} с.

Рассмотрим основные способы и источники временной синхронизации:

- использование протокола NTP;
- использование спутниковых систем точного времени (GPS, ГЛОНАСС)
- использование синхронизации от оптических сетей;
- использование первичного эталонного генератора.

По результатам тестирования систем, в которых синхронизацию времени выполняли средствами NTP протокола, абсолютная погрешность измерений состав-

ляла порядка 10^{-3} с. Такие значения погрешности при синхронизации через NTP протокол накладывают серьезные ограничения на круг измерений, которые можно проводить при помощи подобных систем. Проверка точности синхронизации по протоколу NTP проводилась на тестовом стенде, оборудованном источниками GPS сигналов с PPS синхронизацией, обеспечивающей точность измерений до 10^{-5} с. Техническая реализация сервера точного времени с синхронизацией от GPS описана в [6].

В виду проблем с точностью синхронизации по NTP, из доступных решений остается либо:

- организация систем сбора данных на основе одного сервера регистрации;
- организации распределенных систем сбора данных, каждый из серверов которой подключен к источнику сигналов GPS/ГЛОНАСС.

Точность синхронизации от GPS/ ГЛОНАСС спутниковых систем вполне достаточна для и изучения процессов обработки пакетов или другого рода исследований задержек при передаче информации в пакетных сетях на втором и более высоких уровнях модели взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI) [2]. Предельную оценку снизу можно произвести на основе данных о задержках при обработке данных L2 [2] устройством операторского класса – они имеют порядок 10^{-5} с [3].

Кроме NTP и GPS возможны еще синхронизации от оптических сетей связи (например, от синхронных оптических сетей SDH) либо от первичного эталонного генератора. Однако, данные решения хоть и обеспечивают высокую точность синхронизации не всегда доступны ввиду больших материальных затрат для их организации.

3. Особенности выбора оборудования для организации систем сбора данных

При организации систем сбора данных и, в особенности, при использовании их как инструмента исследования временных задержек на сети, при создании систем необходимо учитывать параметры элементов системы:

- необходимо учесть влияние на временную задержку оборудования, расположенного на пути от точки зеркалирования трафика до его терминации на сервере сбора данных;
- необходимо удостовериться в том, что оборудование, через которое проходит зеркалированный трафик, нагружено незначительно или же величина нагрузки не влияет существенным образом на вклад, вносимый в временную задержку, возникающую при обработке пакета этим устройством;
- необходимо удостовериться, что на всем пути следования зеркалированного трафика, захваченные пакеты не отбрасываются ни одним из устройств;
- необходимо убедиться в том, что интерфейсные сетевые платы сервера регистрации данных обладают достаточной пропускной способностью для обработки входящего потока информации и не входят в состояние "активного тупика" [7];
- в случае необходимости организации системы обработки захваченных данных в режиме реального времени, необходимо убедиться в достаточности вычислительных ресурсов.

4. Методы идентификации пакетов

При прохождении пакета через сетевое устройство или несколько сетевых устройств, информация, содержащаяся в заголовках различных уровней может быть изменена. В процессе исследования вопросов, связанных с изучением временных задержек на оборудовании различных уровней [2], всегда возникает вопрос об однозначной идентификации пакета после его прохождения через сегмент сети или сетевое устройство (рис. 6). Одним из методов решения задачи идентификации пакета является вычисление хэш-функций от неизменяемой части. Схематически алгоритм можно описать следующим образом: вычисляются хэш-функции от неизменяемых частей пакета для всех пакетов, зарегистрированных на интерфейсах устройства. После чего для каждого интерфейса устройства составляется таблица, в которой записываются вычисленная хэш-функция – уникальный идентификатор пакета, и временная метка пакета. После чего, ищутся совпадения результатов хэш-функций по всем таблицам, и для совпадающих хэшей вычисляются временные задержки.



Рис. 5. Идентификация пакета по неизменяемой части

Ситуация сильно усложняется, когда необходимо исследовать задержки на устройствах, работающих на уровне приложений и изменяющих не только всю служебную информацию, но и сами передаваемые данные. Примером такого рода устройств могут служить контроллер пограничных взаимодействий (Interconnection Border Control, IBC) и пограничные транспортные шлюзы (Transition Gateway, TrGW) [4], которые в более ранних рекомендациях были объединены в один

функциональный блок – контроллер пограничных сессий (Session Border Controller, SBC) [5]. Устройство IBC функционирует как SIP файрвол и может изменять не только заголовки L2 – L4, но и сами данные, т.е. поля SIP сообщений. Подобная ситуация наблюдается при использовании TrGW, в функции которого входит проксирование потоков пользовательских данных и, часто, их перекодирование.

В таких сложных ситуациях идентификация пакетов может производиться либо путем анализа не изменяемых частей заголовков пакета, либо при помощи захвата хэш-таблиц с устройств и определения для каждого сообщения входных/выходных интерфейсов устройства.

Заключение

В данной статье были рассмотрены инженерно-технические аспекты организации систем сбора данных с сетей коммутации пакетов. Рассмотренные схемы могут быть реализованы на базе стандартного вычислительного и коммутационного оборудования. Проверка точности синхронизации времени по NTP протоколу (около 10^{-2} с) делалась на тестовом стенде, обеспечивающем точность измерений времени до 10^{-6} с. Источником точного сигнала служило GSP приемник с возможностью передачи синхроимпульса (Pulse per second, PPS).

Литература

- 1 Recommendation ITU-T G.107. The E-model, a computational model for use in transmission planning // 2000.
- 2 Recommendation ITU-T X.200. Information technology – Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The basic model // 1994-07.
- 3 Diot C., Fraleigh C., Moon S., Papagiannaki K., Thiran P. "Measurement and Analysis of Single-Hop Delay on an IP Backbone Network," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 21, no. 6, pp. 908 – 921 // 2003-08.
- 4 Technical specification ETSI TS 23.228 V10.7.0 Rel.10. IP Multimedia Subsystem (IMS). Stage 2 // 2012-01.
- 5 Recommendation ITU-T Y.2174. Distributed RACF architecture for MPLS networks // 2008-06.
- 6 "Сервер очень точного времени stratum 1 на Garmin GPS", <http://habrahabr.ru/blogs/sysadm/118266/> // 2011.
- 7 Донелли С. Производительность плат DAG при захвате пакетов данных. – <http://endace.ru/solutions/DAGPacketCapturePerformance>.

Methodology of measuring the temporal characteristics of the VoIP network

Uglov Ivan, Central Scientific-Research Institute of Communications, Head of research laboratory, uglov_ivan@mail.ru.

Abstract: This paper examines the main problems of the organization of experimental facilities for studying issues related to packet delays on the unit or segment of the packet network. Analyzes schemes of such systems, describes the benefits and drawbacks. The main problem of identifying packets before and after their passage through the various network devices. The methodology of identifying packets when they pass through the device, operating at the application level, based on the use of hash functions.

Keywords: time delay, the identification of the package, the hash function, packet networks, methodology of the experiment.