

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОММУТАЦИОННЫХ УЗЛОВ IP-СЕТИ

Мукимов Ш.С., студент; Бойко В. В., ст. преподаватель

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Актуальность. В настоящее время активно внедряются технологии IP-сетей. Данные технологии используют пакетную передачу данных, которая обеспечивает эффективную загрузку каналов связи, однако при управлении требуют использования сложных протоколов, на обработку которых требуется процессорное время коммутационного оборудования. Коммутационное оборудование характеризуется двумя показателями пропускной способности: скорость интерфейсов в битах на секунду и производительность оборудования – в пакетах в секунду - «Mpps». Если со скоростью интерфейсов есть четкое понимание, то касательно производительности такого сказать нельзя. Производители коммутационного оборудования заявляют фантастические цифры – например, Cisco приводит данные о десятках миллионов пакетов в секунду - «Mpps». Возникают вопросы: какую обработку проходит каждый пакет и сколько на это требуется процессорного времени оборудования? Так ли реальны заявленные «Mpps» производителем? Насколько постоянна производительность оборудования?

Существуют анализы производительности коммутационного оборудования, но их результаты направлены для пользовательского выбора продукции, которая не ставит задачу провайдера. Например, производители сетевого оборудования Cisco, Juniper, HP в характеристиках приводят производительность в Mpps, но замер производительности выполнен только для одного размера пакета (чаще всего 64 байт) и без использования сетевого функционала (Static routing, ACL, NAT). Для грубой оценки максимальной производительности используется формула 1.

$$S = \frac{B}{8 \cdot b}; \quad (1)$$

где: S – продуктивность, Мп/с;

B – трафик, в Мбит/с;

b – средняя длина пакетов, байт.

Но она не учитывает логики обработки пакетов. А необходимо учитывать производительность системы от размера адресных таблиц, MAC, ARP, Routing, ACL и NAT.

Цель: разработка методики расчета пропускной способности коммутационных узлов, которая учитывает сложность обработки пакетов.

Задачи:

- Обосновать целесообразность использования разрабатываемой методики расчета;
- Разработать модель сети для исследования зависимости производительности устройства в Mpps;
- Определить зависимость производительности устройства в Mpps от уровня сложности анализа и обработки пакета.

Целесообразность использования разрабатываемой методики расчета. Каждый передаваемый пакет проходит анализ и обработку. Выполнение данных операций занимает процессорное время. От уровня сложности анализа пакета зависит время задержки. Коммутационное устройство работает с адресными таблицами, при увеличении которых снижается скорость анализа, в результате чего пакетная пропускная способность устройства снижается, возрастают задержки передачи данных, возникают потери. Вот неполный перечень задач, которые необходимо решить при обработке каждого(!) IP-пакета:

- разбор IP-заголовка с определением IP-адреса получателя и отправителя, протоколов IV уровня и номеров портов;

- проверка в списках доступа адреса отправителя и получателя, протоколов и номеров портов;
- проверка адресов в NAT-таблице для принятия решения о трансляции адресов и портов;
- проверка адреса назначения по таблице маршрутизации для принятия решения о пути доставки;
- преобразования адресов III уровня в адреса II уровня в сетях общего доступа;
- замена IP-адресов, внесение в NAT-таблицу, завод таймеров на каждую запись;
- переупаковка IP-пакетов, формирования кадров канальных технологий;
- анализ полученных меток QoS, установка своих и постановка в приоритет очередей.

И это только задачи, специфичные для обработки кадров, не учитывая общесистемных задач, таких, как ведение журнала кол-ва принятых и переданных данных на каждом интерфейсе, управление трафиком, развязка коллизий. Учитывая это «десятки Mpps» становятся несколько мифическими цифрами. Особенно это касается NAT, а тем более NAPT – потому что таблицы трансляций для больших размеров абонентской группы могут достигать десятков тысяч строк.

Из этого всего вытекает необходимость точного расчета сети: как с точки зрения загрузки линий, так и с точки зрения коммутационных узлов. Поставлена задача: определить зависимость производительности устройства в Mpps от уровня сложности анализа и обработки пакета. Полученную зависимость можно применять в расчетах производительности оборудования, где аргументами расчета являются: средний размер пакетов; метод анализа заголовка пакетов (протокол); размеры адресной таблицы, списков доступа, таблицы трансляции адресов. Расчет выполняется на 2 и 3 уровнях OSI.

Модель сети для исследования зависимости производительности устройства в Mpps от уровня сложности анализа и обработки пакета. Для исследования производительности массового дешевого оборудования, которое используется на уровне доступа, построена натурная модель, рис. 1.

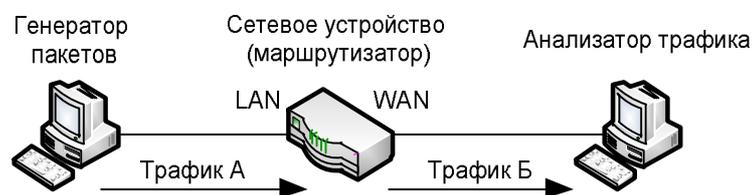


Рисунок 1 – Модель сети для исследования производительности сетевого оборудования

Генератор пакетов (ICMP Spamer 1.01 – специально разработан для отправки пакетов в сеть без задержек в ОС Windows, автор Вершина Е.М.) формирует трафик, который поступает на один из портов коммутационного устройства, с другого порта трафик фиксируется анализатором. После чего входящий (Трафик А) и исходящий (Трафик Б) трафики сравниваются. Опыт выполняется с различными настройками сетевого устройства: коммутация пакетов; маршрутизация; со списком доступа и без него; с функцией трансляции адресов NAT. Для детального анализа производительности ставится опыт с различной длиной пакетов. Опыт выполняется на различном оборудовании, выявляется зависимость производительности, которая будет основой для расчета.

Анализ результатов исследования производительности устройства в Mpps от уровня сложности анализа и обработки пакета.

Для исследования выбрано следующее оборудование:

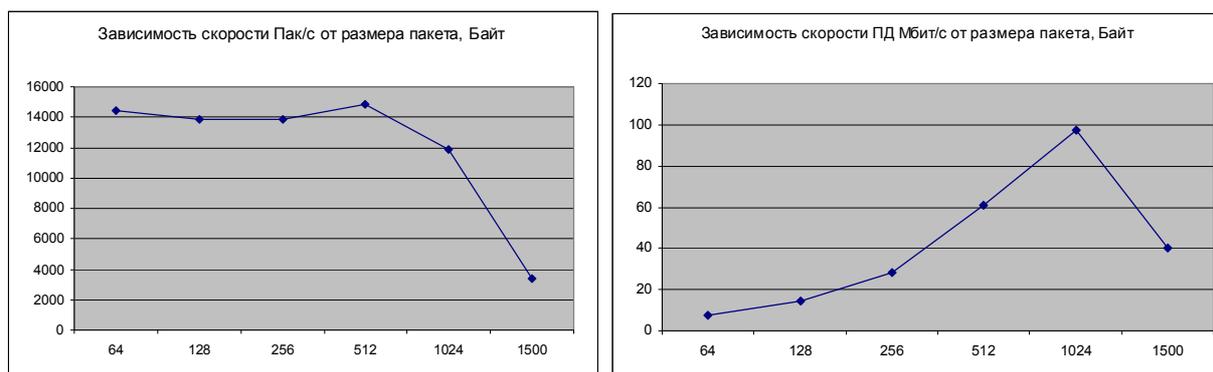
- коммутатор II уровня Planet FGSW-2402RS;
- Wi-Fi маршрутизатор D-link DIR 300 с наличием WAN/LAN FastEthernet портов.

В таблице 1 приведены результаты исследования реальной производительности коммутации пакетов для коммутатора II уровня Planet FGSW-2402RS в Mpps при отправке ICMP пакетов.

Таблица 1 – Производительность коммутатора Planet FGSW-2402RS в Mpps

Размер пакета, байт	64	128	256	512	1024	1500
Кол-во пакетов	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Время передачи, с	0,694	0,72	0,72	0,673	0,842	2,244
Пакетов в секунду	14403	13881	13895	14849	11865	3351
Скорость, Мбит/с	7,38	14,22	28,46	60,8	97,2	40,1

Графики зависимости скорости передачи данных и производительности коммутатора приведены ниже.



а)

б)

Рисунок 2 – Зависимость скорости передачи данных и производительности коммутатора от размера пакета

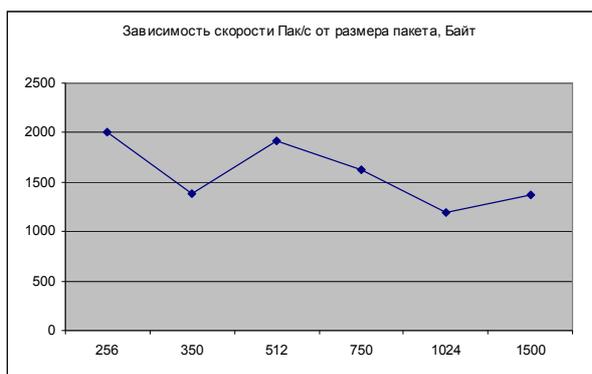
На графиках видно, что даже коммутатор II уровня не обеспечивает стабильную скорость передачи пакетов, которая подвержена изменению в зависимости от размера передаваемых пакетов. Производительность коммутатора при пакетах длиной 64-512 байт составляет 14000 rps, уже при длине пакета 1024 – 11865 rps, а при максимальной длине – 3351 rps. На графике 2,б видно, что из-за ограничения производительности оборудования скорость передачи данных (ПД) может сильно отличаться от заявленных 100 Мбит/с. При отправке коротких пакетов (64 байт) скорость ПД составляет 7,38 Мбит/с, что в 13 раз меньше заявленной 100 Мбит/с, которая обеспечивается передачей пакетов длиной 1024 байт.

В таблице 2 приведены результаты исследования реальной производительности маршрутизации пакетов для маршрутизатора D-link DIR 300 в Mpps при отправке ICMP пакетов.

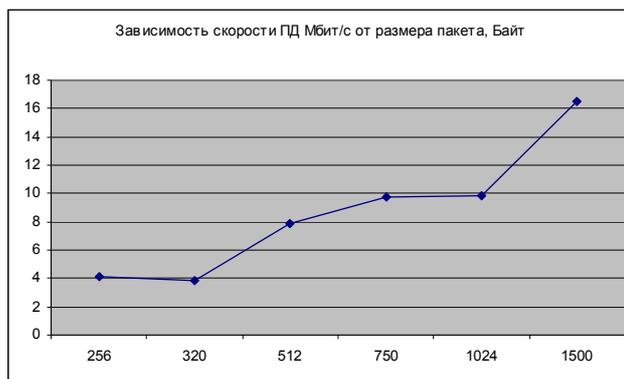
Таблица 2 – Производительность маршрутизации D-link DIR 300 в Mpps

Размер пакета, байт	256	350	512	750	1024	1500
Кол-во пакетов	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Время передачи, с	0,75	1,089	0,785	0,924	1,255	1,092
Пакетов в секунду	2000	1378	1912	1623	1195	1373
Скорость, Мбит/с	4,09	3,85	7,83	9,74	9,8	16,5

Графики зависимости скорости передачи данных и производительности коммутатора приведены ниже.



а)



б)

Рисунок 3– Зависимость скорости передачи данных и производительности маршрутизатора от размера пакета

На графиках видно, что производительность маршрутизатора составляет 1000-2000 pps. При увеличении длины пакетов производительность несколько снижается. На графике 2,б видно, что низкая производительность маршрутизатора ограничивает скорость ПД от заявленных 100 Мбит/с. Маршрутизатор обеспечил скорость ПД от 4 до 17 Мбит/с. При увеличении длины пакетов скорость ПД увеличивается, так как производительность устройства примерно равномерна.

Выводы:

В данной статье кратко рассмотрена проблема производительности оборудования, которая не учитывает логику обработки пакетов. Производитель указывает только пиковое значение, но в реале производительность может быть на порядок ниже.

Построена натурная модель сети для оценки реальной производительности оборудования, в ней исследованы общесистемные задачи коммутация и маршрутизация данных на оборудовании: Planet FGSW-2402RS, D-link DIR 300.

Анализ результатов показал снижение производительности «пакетов в секунду» оборудования при увеличении длины передаваемых пакетов. При выполнении дополнительных общесистемных задач производительность оборудования снизится, но оценить влияние этих задач на производительность экспериментально представляется возможным. По данной методике исследования можно получить зависимость производительности оборудования от типа обработки пакетов, которую можно применять в последующих расчетах.

Разрабатываемая методика расчета пропускной способности коммутационных узлов должна быть применима ко всем уровням сетевой иерархии, ее можно будет применять как на массовом и дешевом оборудовании уровня доступа, так и на магистральном уровне сети.

Дальнейшее направление работы – использование имитационного моделирования для оценки производительности оборудования.

Перечень ссылок

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 3-е изд.: – СПб., Питер, 2006 – 958с;
2. Лора А, Чеппел, Эд Титтел. TCP/IP Учебный курс: Перевод с англ. – СПб.:БХВ-Петербург, 2003. 976 с.:ил.
3. Е. А. Кучерявый. Управление трафиком и качество обслуживания в сети ИНТЕРНЕТ. – СПб.: Наука и Техника, 2004. -336 с.:ил.
4. <http://www.compress.ru/article.aspx?id=11336> – Гигабитные сетевые адаптеры, методика тестирования