

## Об одном методе оптимального распределения пропускной способности виртуальных частных сетей

С.Ш. Кутбитдинов (ГУП «UNICON.UZ»)

*Мақолада трафикнинг берилган ҳажмларини етказиб бериш вақти бўйича берилган нормалар билан кўчириш учун етарли бўлган барча ишга туширилган каналларнинг умумий битли тезлигини минималлаштириш асосида виртуал хусусий тармоқларнинг ўтказувчанлик қобилиятини оптимал тақсимлаш методи таклиф қилинади.*

*В статье предлагается метод оптимального распределения пропускной способности виртуальных частных сетей на основе минимизации суммарной битовой скорости всех задействованных их каналов, достаточной для переноса заданных объемов трафика с заданными нормами по времени доставки.*

*The article suggests the method of optimal bandwidth allocation of the virtual private networks on the base of the total bit rate minimizing for the all involved channels, sufficient to transfer the specified amount of traffic with the given on-time delivery norms.*

Основой создания виртуальных частных сетей (VPN) является договор, в котором конкретизируются количество точек подключения, параметры качества обслуживания (QoS) и скорости портов, в совокупности определяющие объем  $R$  сетевого ресурса и стоимость его аренды [1]. Обоснованный выбор пропускной способности сетевых элементов (СЭ) VPN осложняется диверсификацией пользовательских приложений (речь, интернет-трафик, данные, видео) и соответствующих QoS-норм, а также вариантностью выбора технологической платформы (Ethernet, IP, MPLS и т.д.) и непредсказуемостью последствий виртуализации сетевых ресурсов, отражающихся на поведении VPN. При этом изменение QoS-показателей может достигать 1–3 порядков в течение нескольких минут и даже секунд.

Практика показывает, что слишком продолжительные или частые всплески сетевой нагрузки, попытки большого количества клиентов одновременно подключиться к серверу нарушают баланс между рабочим потоком и пропускной способностью СЭ, что приводит к заторам в буферных накопителях (БН), маршрутизаторов и зависанию файловых серверов. Как показано в [2] специфическое функционирование, порождаемое чередованием нормальной работы сервера на интервалах «включен» с его блокировками (failure, F) на интервалах «выключен», где длина очереди в БН не только не снижается, а наоборот, увеличивается, может быть формализовано

ON/OFF–моделями. Режим работы «включен/выключен» описывается вероятностью  $\rho_{off}$  появления OFF–интервала и его средней длительностью  $T_{off}$ , позволяющих имитировать ту или иную частоту и продолжительность прерываний обслуживания.

К простейшим моделям этого класса следует отнести модель приоритетной однолинейной СМО типа  $M / M / 1 / \infty$  с предоставлением прерываниям абсолютного приоритета [3]. Средняя задержка передачи IP–пакета (IPTD) представляется

функцией  $T_{M/M/1/\infty}^{on/off} = \frac{1 + \mu F}{\mu(1 - \rho_{off}) - \lambda}$ ,  $\lambda / \mu < 1 - \rho_{off}$  интенсивности обслуживания

(пропускной способности) сетевого элемента  $\mu$ , трафика  $\lambda$  и  $F$ –фактора

$F = \rho_{off} T_{off} (1 - \rho_{off})^{-2}$ , характеризующего непроизводительные потери времени на

прерывания [4]. Присутствие величин  $\rho_{off}$  и  $T_{off}$  в моделях принципиально изменяет

структуру трафика и процесса обслуживания в целом. Большие по сравнению с идеальным случаем дисперсии времен, длин очередей, объемов своевременно необслуженной нагрузки, а также преждевременное наступление перегрузки ( $\rho^* = 1 - \rho_{off}$ ) прямо указывают на присутствие последствия и «тяжелого» распределения [5].

В данной статье предполагается, что топологическая модель VPN в виде обычного (ассиметричного) графа распределенной структуры приближенно воспроизводит конфигурацию связей VPN и представляется двумя параметрами – числом ребер  $m$  графа и средней длиной маршрута  $\pi = \sum \lambda_j / \Lambda$ ,  $j = \overline{1, m}$  (средним числом СЭ, которые «посетит» запрос прежде, чем достигнет сервера назначения или на «языке» потоков – отношением суммарного канального трафика  $\sum \lambda_j$  к суммарному входящему потоку  $\Lambda$ ). Для однородной топологии VPN, где все СЭ однотипны, соответственно  $\Lambda = \gamma m$ , а  $\pi = \lambda / \gamma$  ( $\gamma$  – доля трафика, приходящегося на один канал). Расчет величин IPTD для отдельных маршрутов и в целом по VPN осуществляется на базе задержек СЭ стандартно, в соответствии с [3].

План распределения потоков  $\{\lambda_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$  по  $m$  СЭ априори полагается известным и в зависимости от проектной ситуации рассчитывается тем или иным алгоритмом (одно / многомаршрутным, по явным/вычисляемым путям, централизованным/децентрализованным и т.д.).

Применением метода неопределенных множителей Лагранжа задача выбора пропускных способностей сетевых элементов VPN обобщается на ON/OFF–случай. При этом минимальный сетевой ресурс  $R_{min}$  VPN произвольной топологии с сетевыми

задержками пакета  $T_{M/M/1/\infty}^{on/off}$ , нормой на среднесетевую задержку  $T_z$ , суммарным внешним трафиком  $\Lambda$  и его распределением по  $m$  СЭ  $\{\lambda_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$  определяется как:

$$R_{\min} = \sum_{j=1}^m \lambda_j + (\sum_{j=1}^m \sqrt{s_j})^2 (\Lambda T_z - \sum_{j=1}^m F_j \lambda_j)^{-1}, \quad (1)$$

и достигается при следующем распределении пропускных способностей по СЭ

$$\mu_j = \lambda_j + (\Lambda T_z - \sum_{j=1}^m F_j \lambda_j)^{-1} \sqrt{s_j} \sum_{j=1}^m \sqrt{s_j}, \quad s_j = \lambda_j (1 + F_j \lambda_j), \quad \Lambda T_z > \sum_{j=1}^m F_j \lambda_j$$

Для однородной топологии VPN минимальный сетевой ресурс  $R_{\min}$  будет определяться как

$$R_{\min} = [m(\gamma T_z + 1)](T_z \pi^{-1} - F)^{-1}, \quad T_z > \pi F, \quad (2)$$

Битовая скорость  $C$  (бит/с) и пропускная способность (интенсивность обслуживания)  $\mu$  (пакет/с) на ON/OFF-моделях связываются соотношением  $C = \mu V / (1 - \rho_{off})$ , где:  $V$  – средний объем пакета.

При проведении «экспресс-оценок» объемов сетевого ресурса VPN с  $P$  пользовательскими приложениями достаточно будет  $P$  раз применить данный метод и просуммировать, т.е.  $R_{\min \Sigma} = \sum_{p=1}^P R_{\min p}$ . Полученное решение будет характеризоваться выполнением установленных QoS-норм и дополнительным запасом устойчивости VPN к перегрузкам.

### Л и т е р а т у р а

1. Росляков, А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения. – М.: Эко-Трендз. 2006. – 304 с.
2. Кутбитдинов С.Ш., Лохмотко В.В. Экспоненциальная релейная модель звена IP-сети. // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем» 23-27 апреля, 2012 г., Москва, с.41-45.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. / Пер.И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. –М.: Машиностроение, 1979. – 432 с., ил.
4. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. – М.: Мир. 1989. – 544с.
5. Городецкий А.Я., Заборовский В.С. Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях: Учеб. пособие СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. –102 с.

