

УЧЕТ ЗАДЕРЖКИ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ VPN-ТУННЕЛЕЙ В СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Врублевский С. С., Бысов А. А.
Кафедра связи, Военная академия Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь
E-mail: sergeyvrublevsky0@gmail.com

В данной статье описана математическая модель сети электросвязи специального назначения, позволяющая оценить ресурс сети по пропускной способности и задержке передачи пакета для планируемых VPN-туннелей. Показан пример расчета на типовой структуре сети электросвязи специального назначения с соблюдением принципов иерархичности.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сетях электросвязи специального назначения (СЭСН) наблюдается значительное увеличение объема передаваемых сообщений. Это обусловлено появлением и активным использованием следующих услуг: видеоконференцсвязь, IP-телефония, электронная почта, электронные карты местности, базы данных, что предполагает выполнение высоких требований качества обслуживания пользователей в соответствии с классом трафика. Использование IP-технологий делает СЭСН во многом схожими с сетями электросвязи общего пользования (СЭОП). Например, возрастающей ролью использования технологии VPN (Virtual Private Network), при организации защищенного соединения и разграничения потоков трафика.

Виртуальная частная сеть (VPN) - представляет собой выделенную сеть передачи данных, построенную на инфраструктуре телекоммуникационной сети общего пользования, в которой конфиденциальность и защищенность информации пользователя обеспечивается механизмами шифрования и разграничения трафика [1].

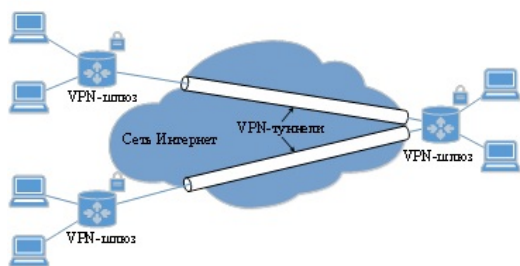


Рис. 1 – Виртуальная частная сеть

Авторами в [2] с помощью имитационной модели СЭСН было доказано, что отсутствие механизмов обеспечения качества обслуживания пользователей при создании VPN-туннелей не обеспечивает поддержание в норме основных характеристик (требования по задержке передачи и вероятности потери пакетов не выполняются).

Следовательно, услуги реального времени предоставлены с заданным качеством не будут.

Для обеспечения требуемого качества обслуживания, при планировании VPN-туннелей, необходимо использовать математические модели, учитывающие в качестве ресурса (запаса) сети не только пропускную способность канала связи, но и задержку передачи пакета.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Научно-методологический аппарат для анализа и синтеза сетей VPN общего назначения не в полной мере применим для СЭСН ввиду того, что существующие методы анализа и синтеза сетей VPN, как правило, используются в системе «провайдер-пользователь».

На сегодняшний день существуют следующие классы моделей исследования сетей VPN, основанные на граф-комбинаторных алгоритмах: потоковая и канальная модели VPN. Применение канальной модели для описания сетей VPN целесообразно в сетях с предсказуемым однородным трафиком (например, моносервисная сеть VoIP, что на практике редко реализуемо).

Для описания VPN в сетях с коммутацией пакетов применяется потоковая модель VPN. В потоковой модели оценивается стоимость организации VPN-туннеля, что является ресурсом сети для его формирования. Данная модель для оценки ресурса сети использует лишь пропускную способность, ввиду того, что потоковая модель ориентирована на СЭОП с бесконечным ресурсом относительно пропускной способности соединительных линий в СЭСН.

Запас по пропускной способности в потоковой модели VPN между двумя оконечными точками равен разности матрицы минимальных пропускных способностей и матрицы интенсивностей между двумя маршрутизаторами на оптимальных маршрутах [3]:

$$\Delta = Q_{ij_{opt}} - \Lambda_{opt}. \quad (1)$$

В свою очередь, разработанная математическая модель позволяет рассчитать запас сети не только по пропускной способности, но и с учетом

допустимой задержки передачи пакета в соответствии с классом трафика, формула 1.

Согласно данной модели запас по пропускной способности равен разности матрицы минимальных пропускных способностей и матрицы интенсивностей между двумя маршрутизаторами на оптимальных маршрутах, при учете того, что суммарная задержка передачи пакета не должна превышать допустимой задержки передачи для определенного класса трафика.

Физический смысл предлагаемого решения представлен на рис. 2. На данном рисунке показаны следующие зависимости: зависимости удельного запаса по пропускной способности, и задержки передачи от удельной интенсивности трафика расположенные соосна. Под удельной интенсивностью понимается отношение интенсивности трафика на участке сети к максимально допустимой интенсивности, определяемой путем решения задачи о максимальном потоке. Данные зависимости получены, при моделировании типовой структуры СЭСН с сохранением принципов иерархичности.

На рис. 2 представлено, что при достижении удельной интенсивности допустимого порогового значения задержки передачи в 150 мс, дальнейший учет ресурса сети по пропускной способности недопустим, ввиду невыполнения требований качества обслуживания. В свою очередь потоковая модель показывает, что ресурс сети по пропускной способности есть, не учитывая того факта, что задержка передачи уже дошла до допустимого порогового значения.

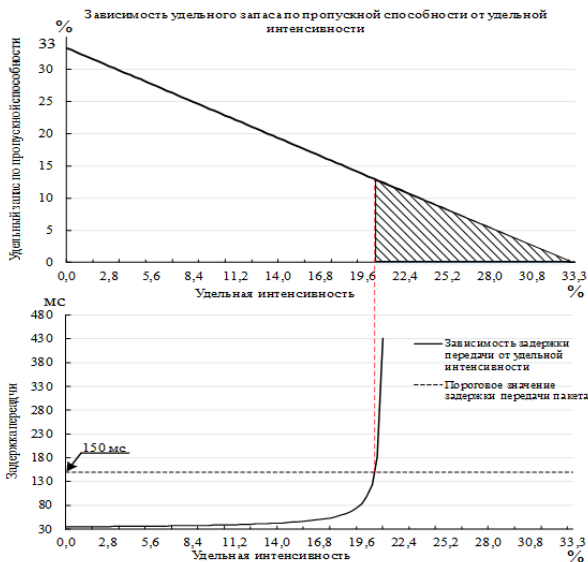


Рис. 2 – Зависимости удельного запаса по пропускной способности и задержки передачи от удельной интенсивности

Для оценки эффективности модели введен следующий показатель - ошибка определения запаса по пропускной способности для планируемых VPN-туннелей. Расчет данного показателя производится путем отношения площади фигуры под кривой после достижения допустимого порогового значения задержки передачи и площади всей фигуры под кривой. Следовательно, расчет ошибки оценки запаса по пропускной способности рассчитывается как:

$$k_{\text{ош}} = \frac{S_w}{S_{\text{без } w}} * 100\%.$$

В данном случае ошибка оценки запаса по пропускной способности составила:

$$k_{\text{ош}} = \frac{(33,3 - 21,2) * 14}{33,3 * 33,3} * 100\% \approx 15,28.$$

II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, не учитывая особенности СЭСН (ограниченный запас по пропускной способности, необходимость гарантированного обеспечения качества обслуживания и т.д.), создания запаса сети для планирования VPN-туннелей, учитывая лишь в качестве ресурса сети пропускную способность, может привести к ошибочной оценке ресурса сети. В свою очередь, представленная модель при расчете ресурса сети учитывает не только полосу пропускания, но и допустимую задержку передачи пакета.

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mitra, D. Virtual Private Networks: Joint Resource Allocation and Routing Design / Mitra D., Morrison J. A., Ramakrishnan K. G. // Proc. of the 18th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. – 1999. – P. 480–490.
2. Машкин, Е. В. Оценка показателей качества обслуживания сети электросвязи специального назначения с использованием технологии VPN на основе имитационной модели / Е. В. Машкин, С. С. Врублевский // Новые информационные технологии в телекоммуникациях и почтовой связи : материалы XXII междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, 11 мая – 12 мая 2022 года, Минск, Респ. Беларусь / редкол.: А. О. Зеневич [и др.] – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2022. – С. 69–70.
3. Васильев, К. К. Математическое моделирование систем связи : учебное пособие / К. К. Васильев, М. Н. Служивый. – 2-изд., перераб. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2010 – 170 с.

$$\Delta_{\text{delay}} = \begin{cases} Q_{ij\text{opt}} - \Lambda_{\text{opt}}, w_{ij\Sigma} < w_k \forall k = \overline{1,7} \\ w_{ij\Sigma} = w_{\text{out}} + \sum_{n=1}^{N+1} w_{\text{prop}} + \sum_{n=1}^{N+1} w_{\text{proc}} + \sum_{n=1}^{N+1} w_{\text{wait}} + \sum_{n=1}^{N+1} w_{\text{serial}} \end{cases} \quad (2)$$