

МОМЕНТЫ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ВНЕШНЕГО ИНТЕРНЕТ-КАНАЛА СЕТИ ОРГАНИЗАЦИИ

В.Г. Грачев, Е.А. Симановский

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Задача оценки скорости передачи данных внешнего канала и выбора поставщика услуг Интернет (ИУИ) возникает либо при первоначальном подключении организация к сети Интернет либо при расширении списка сетевых сервисов, доступных пользователям данной организации. Данная задача особенно актуальна для научных и образовательных организаций, когда, с одной стороны, необходимо обеспечить качественный доступ к сетевым ресурсам, а с другой стороны, минимизировать затраты на подключение.

Ошибки в выборе скорости Интернет канала организации могут привести к тому, что, доступ к ценным сетевым ресурсам будет затруднен или неэффективен, а затраты на Интернет подключение значительно возрастут. Действительно, оценка скорости подключения к сети Интернет, самым прямым образом влияет на выбор типа линии связи, канального и сетевого оборудования. Дополнительные затраты на замену линии связи, канального и сетевого оборудования в случае неверной оценки необходимой скорости передачи данных внешнего канала могут многократно превысить первоначальные вложения.

Таким образом, правильный выбор скорости передачи данных внешнего Интернет канала организации позволяет достигать требуемого качества подключения к сети Интернет при минимуме финансовых вложений.

Задача оценки необходимой скорости передачи данных внешнего канала организации решается на основе математической модели внешнего Интернет подключения, разработанной нами. Модель основана на следующих основных допущениях:

Сетевой трафик рассматривается на уровне пользовательских сессий. Пользовательская сессия – поток данных от одного источника, инициированный пользователем (загрузка файла по протоколу FTP, html странички по протоколу HTTP и т.д.). Пользовательская сессия характеризуется своей длиной (в байтах) и длительностью (в секундах).

Интервал наблюдения можно разбить на подинтервалы, в течение каждого из которых, поток запросов на открытие пользовательских сессий будет стационарным пуассоновским со своим значением интенсивности.

Учитываются структура трафика сети и особенности алгоритмов работы конкретных, наиболее популярных протоколов (на настоящий момент таковыми являются протоколы транспортного уровня UDP и TCP, прикладного уровня HTTP и FTP).

В незагруженном режиме работы сети времена обслуживания отдельных пользовательских сессий независимы друг от друга, зависимость между длиной и длительностью пользовательской сессии появляется только для длинных (по объему передаваемой информации) сессий.

Момент перегрузки в сети определяется по возникновению зависимости между временами обслуживания отдельных пользовательских сессий и между длиной и длительностью коротких сессий.

Подключение организации к сети Интернет схематично показано на рис. 1

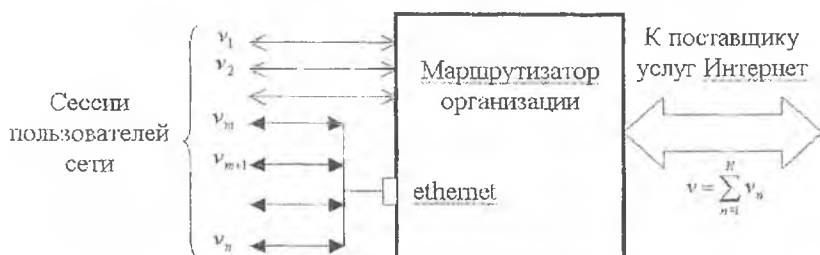


Рис. 1. Подключение организации к сети Интернет

Пользовательские сессии (v_1, v_2, \dots, v_n , где v_n – скорость n -й сессии) поступают на маршрутизатор и мультиплексируются во внешний канал.

Процесс мультиплексирования пользовательских сессий показан на рис.2.

В любой момент времени, скорость внешнего канала сети является суммой случайного числа мгновенных (случайных) скоростей отдельных сессий в данный момент времени (см. моменты времени t_1, t_2, t_3 на рис. 2):

$$v(t) = v_1(t) + v_2(t) + \dots + v_n(t) = \sum_{n=1}^{N(t)} v_n(t),$$

где $v(t)$ – скорость во внешнем канале,

$v_n(t)$ – скорость n -й сессии,

$N(t)$ – количество сессий, находящихся на обслуживании, в данный момент времени.

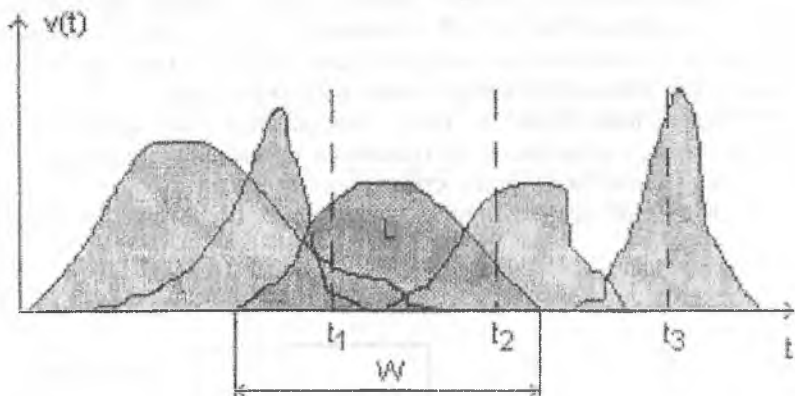


Рис. 2. Мультиплексирование пользовательских сессий

Полагая, что моменты поступления запросов пользователей на открытие сессий независимы между собой и от времени, а скорости сессий $v_n(t)$ распределены одинаково (то есть имеют одинаковые статистические характеристики и одинаково вероятную форму "импульса" скорости сессии), можно перейти к статистически эквивалентному уравнению:

$$v = \sum_{n=1}^N v_n. \quad (2)$$

Моменты (среднее значение и дисперсия) случайной величины v , как моменты суммы случайного числа случайных слагаемых, вычисляются по следующим формулам:

$$M[v] = M\left[\sum_{n=1}^N v_n\right] = M[N]M[v_n], \quad (3)$$

$$D[v] = D\left[\sum_{n=1}^N v_n\right] = M[v_n]^2 D[N] + M[N]D[v_n] + rD[v_n](M[N^2] - M[N]), \quad (4)$$

где r - коэффициент корреляции между случайными величинами v_n .

Случайная величина N - количество одновременно обслуживаемых сессий, соответствует количеству запросов, находящихся в

системе массового обслуживания с дисциплиной $M/G/\infty$, и распределена по закону Пуассона, откуда:

$$M[N] = \lambda \bar{W}, \quad D[N] = \lambda \bar{W}, \quad (5)$$

где λ - интенсивность входного пуассоновского процесса, 1/с;

\bar{W} - среднее время обслуживания сессии, с.

В незагруженном состоянии сети скорости отдельных сессий независимы друг от друга. Учитывая этот факт и подставляя (5) в (4) и (3) получаем:

$$M[v] = \lambda \bar{W} M[v_n]; \quad (6)$$

$$D[v] = M[v_n]^2 \lambda \bar{W} + \lambda \bar{W} D[v_n] = M[v_n]^2 \lambda \bar{W} + \lambda \bar{W} (M[v_n^2] - M[v_n]^2) = \lambda \bar{W} M[v_n^2], \quad (7)$$

Очевидно, что среднее значение скорости пользовательской сессии:

$$M[v_n] = \frac{L}{\bar{W}}, \quad (8)$$

где L - средняя длина (байт) пользовательской сессии.

Среднее значение квадрата скорости пользовательской сессии

$M[v_n^2]$ зависит от ее типа.

Среднее значение квадрата скорости UDP сессии

График импульса скорости передачи данных UDP сессии показан на рис. 3.

Непосредственно из графика находим среднее значение квадрата скорости UDP сессии, как отношение площади под кривой квадрата импульса скорости сессии к ее длительности W_n :

$$v_n^2 = \frac{L_n^2}{W_n^2}. \quad (9)$$

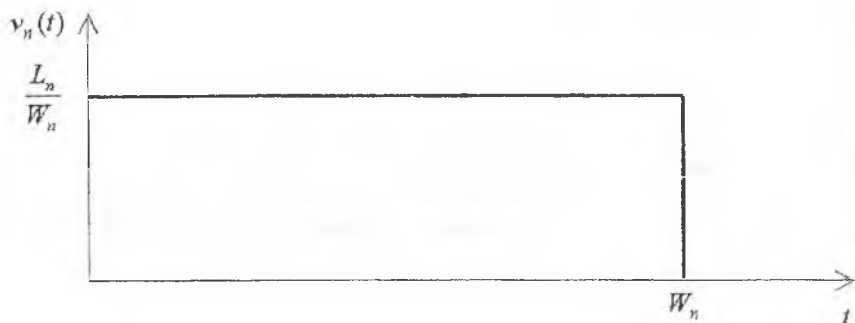


Рис. 3. Скорость передачи данных сессии, протокол UDP

Среднее значение квадрата скорости сессии типа TCP 1

Протоколы прикладного уровня, работающие на основе протокола транспортного уровня TCP и передающие большие объемы данных (назовем их условно протоколы типа TCP 1; FTP – наиболее популярный протокол типа TCP 1), большую часть времени проводят в режиме “предупреждения перегрузок” или “установившемся”, см. рис.4.

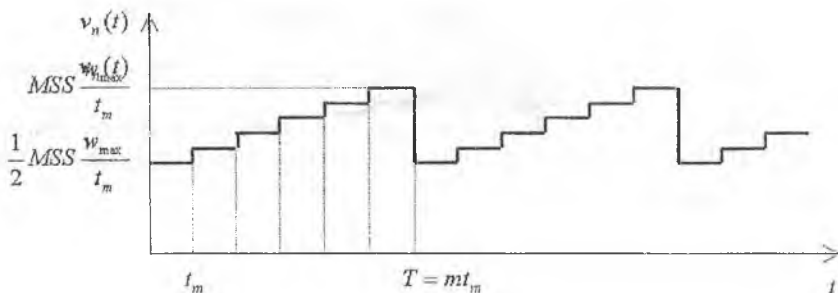


Рис. 4. Скорость передачи данных сессии, протокол типа TCP 1, $b = 1$

Можно показать, что квадрат скорости пользовательской сессии в этом случае:

$$v_n^2 = \frac{28}{27} \frac{L_n^2}{W_n^2}. \quad (10)$$

Среднее значение квадрата скорости сессии типа TCP 2

В отличие от протоколов прикладного уровня типа TCP 1, протоколы прикладного уровня типа TCP 2 (наиболее популярный из них протокол HTTP) передают гораздо меньший объем данных (до нескольких десятков килобайт). В результате они никогда не достигают установившегося режима, как протоколы типа TCP 1, а все время работают в режиме “медленный старт”, см. рис. 5.

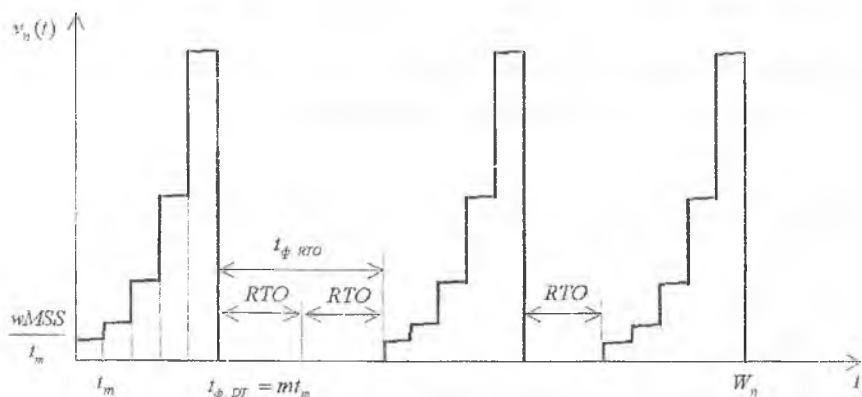


Рис. 5. Скорость передачи данных сессии, протокол типа TCP 2

Для данного типа пользовательской сессии выражение квадрата скорости можно привести к следующему виду:

$$v_n^2 = \frac{C}{\ln r} \frac{r-1}{r+1} \frac{L_n^2}{W_n^2}, \quad (11)$$

где коэффициент C минимизирует ошибку разложения в окрестности средней длины пользовательской сессии:

$$C = \ln \left(\frac{\bar{L}(r-1)}{wMSS} + 1 \right) \frac{\bar{L}(r-1) + 2wMSS}{\bar{L}(r-1)}, \quad (12)$$

где w , MSS , r - параметры протокола TCP.

Моменты скорости передачи данных

Объединяя выражения (7), (9), (10), (11) получим следующую формулу для вычисления дисперсии скорости внешнего канала:

$$D[v] = \lambda_{UDP} M_{UDP} \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] + \frac{28}{27} \lambda_{FTP} M_{FTP} \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] + \frac{C}{\ln r} \frac{r-1}{r+1} \lambda_{HTTP} M_{HTTP} \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right]. \quad (13)$$

Преобразуем выражение $M \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right]$, применяя теорему о математическом ожидании произведения двух случайных величин и выражая среднее значение L_n^2 через среднее значение и дисперсию L_n :

$$M \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] = M[L_n^2] M \left[\frac{1}{W_n} \right] + K \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] = \frac{\bar{L}^2 + D[L]}{1/M[1/W_n]} + K \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] = \frac{\bar{L}^2 + D[L]}{\bar{W}_H} + K \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right], \quad (14)$$

где \bar{W}_H - среднее гармоническое времени обслуживания сессии,

$$K \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] = r \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] \sigma[L_n] \sigma[1/W_n] - \text{ковариация данных случайных}$$

величин;

$$r \left[\frac{L_n^2}{W_n} \right] - \text{их коэффициент корреляции;}$$

$$\sigma[L_n], \sigma[1/W_n] - \text{среднеквадратические отклонения.}$$

Подставляя (14) в (13) и учитывая, что для коротких пользовательских сессий величины L_n и W_n независимы друг от друга:

$$D[v] = \lambda_{UDP} \frac{\overline{L}_{UDP}^2 + D[L_{UDP}]}{\overline{W}_H} + \frac{28}{27} \lambda_{FTP} \left(\frac{\overline{L}_{FTP}^2 + D[L_{FTP}]}{\overline{W}_H} + K_{FTP} \left[\frac{\overline{L}_n^2}{\overline{W}_n} \right] \right) + \frac{C}{\ln r} \frac{r-1}{r+1} \lambda_{HTTP} \frac{\overline{L}_{HTTP}^2 + D[L_{HTTP}]}{\overline{W}_H}. \quad (15)$$

Таким образом, моменты скорости внешнего канала в незагруженном состоянии сети вычисляются по (6) – среднее значение, по (14) или (15) – дисперсия.

Можно доказать, что в режиме перегрузки среднее значение скорости передачи данных внешнего Интернет-канала организации остается таким же, как и в незагруженном режиме, а ее дисперсия меньше дисперсии в незагруженном режиме.

Практическое применение предложенной модели

Предложенная модель может быть использована для решения двух основных задач, стоящих перед сетевыми администраторами: поддержка существующей и проектирование новых сетей.

Если физическая скорость передачи данных внешнего Интернет канала выбрана таким образом, что превышает верхнюю границу изменения скорости передачи данных, получаемую из модели (например, согласно неравенству Чебышева, в случае произвольного вида распределения скорость передачи данных будет лежать в диапазоне $M[v] \pm 3\sqrt{D[v]}$ с вероятностью 0.89), то сеть будет находиться в незагруженном режиме, обеспечивая наилучшее качество обслуживания, доступное для данного канала и поставщика услуг Интернет (наибольшую доступную скорость передачи данных пользовательской сессии).

ТЕЛЕВИЗИОННО-КОМПЬЮТЕРНАЯ УСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРУБ

И.Ю. Жиганов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Дистанционное измерение геометрических параметров труб (ГПТ) актуально и эффективно. Для экспериментального исследования дистанционных телевизионных методов измерений ГПТ была создана установка, состоящая из телекамеры Video Blaster WebCam Plus со встроеной платой ввода изображения в компьютер, собственным