

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛВС ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАЯВОК

ГУСАК О.Ю.

Рассмотрены вопросы, возникающие при моделировании ЛВС и в частности стека протоколов. При детальном рассмотрении этапов прохождения заявки между двумя точками сети оказывается, что общее время обслуживания заявки может быть меньше суммарного времени обслуживания заявки каждым прибором, если в очереди находится несколько заявок (или они поступают непрерывно).

В настоящее время распределенные вычислительные системы являются неотъемлемой частью практически любого предприятия или организации. Более того, число этих систем, а также их масштабы стремительно возрастают. Одним из проявлений такого рода процессов является, например, бурный рост и продвижение глобальной сети Internet на территорию стран СНГ. Очевидно, что построение таких сложных систем, равно как и их эксплуатация, требует предварительного моделирования с целью предсказания поведения системы при различных внешних нагрузках, либо оптимизации уже существующей системы.

Наиболее точной моделью такой системы, поведение которой определяется множеством параметров, большинство из которых вероятностные, будет имитационная модель [1, 2]. Однако такое моделирование требует определенных временных затрат и наличия специального (и как правило дорогостоящего) программного обеспечения.

С другой стороны, оценка среды передачи с позиции физического уровня (пропускная способность канала, протокол доступа) является грубой и не может охарактеризовать поведение системы в целом. Таким образом, аналитическая модель вычислительной сети должна охватывать как минимум протоколы до транспортного уровня включительно.

Ниже рассмотрен один из таких аспектов, который влияет на процесс передачи информации в сети и, таким образом, должен быть включен в ее обобщенную модель. Данная модель [3, 4] предполагает рассмотрение компьютерной сети с точки зрения конечного пользователя. Другими словами, для нас представляет интерес время обработки запроса пользователя, т. е. время передачи блока (пакета) данных между прикладными (пользовательскими) процессами, функционирующими на различных узлах сети.

В соответствии со стандартами взаимодействия открытых систем (OSI) данные при передаче с одного узла на другой могут проходить не только несколько промежуточных физических устройств сети, как то маршрутизаторы, шлюзы и пр., но и обязательно подвергаются обработке при передаче от уровня к уровню: (т. е. двигаясь по стеку протоколов сверху вниз – при передаче, и снизу вверх – при приеме), которая состоит в обрамлении паке-

тов заголовками на каждом уровне, подсчете контрольной суммы и пр. Более того, как показывают исследования [1], время, затрачиваемое блоком данных при прохождении стека протоколов, прямо пропорционально объему передаваемых сообщений.

При рассмотрении процесса передачи информации в целом, когда пакеты поступают сериями с очень небольшими временными интервалами между пакетами, наблюдается следующая картина: пакеты покидают стек протоколов со скоростью, отличной (в большую сторону) от скорости прохождения одного пакета через набор протоколов. Данный эффект возникает ввиду параллельного обслуживания заявок (пакетов) приборами (протоколами различных уровней).

Рассмотрим упомянутое явление более подробно, проведя сравнительную характеристику моделей с одним и несколькими обслуживающими приборами.

Общая модель процесса взаимодействия станций в сети может быть представлена на рис. 1 или эквивалентной моделью СМО, заданной рис. 2,

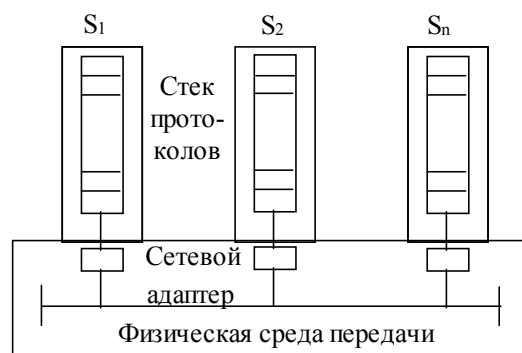


Рис. 1. Общая модель сети

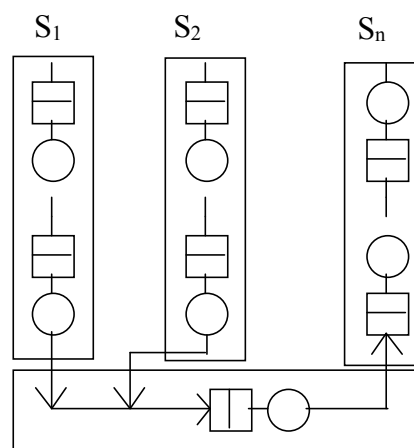


Рис. 2. Эквивалентная модель сети

где станции S_1 и S_2 участвуют в процессе передачи, станция S_n – в процессе приема данных.

В данном случае предполагается, что станции подключены к одному и тому же сегменту сети, который может быть представлен одним обслуживающим устройством. В общем случае процесс передачи пакетов по физическому каналу может состоять из нескольких этапов (при наличии нескольких физических сегментов в сети) и, таким образом, описываться несколькими обслуживаю-

щими приборами, каждый из которых будет представлять отдельный сегмент сети или ее узловую точку, как то маршрутизатор, шлюз, мост и пр.

Рассмотрим модель стека протоколов в случае, когда последний заменяется одним обслуживающим прибором (S_1). Пусть среднее время обслуживания прибором S_1 будет D_1 , тогда, независимо от загрузки прибора, производительность последнего будет составлять $1/D_1$.

В случае, если стек протоколов рассматривать как совокупность нескольких обслуживающих приборов, работающих независимо, получим структуру, представленную на рис. 3, где D_t – суммарное

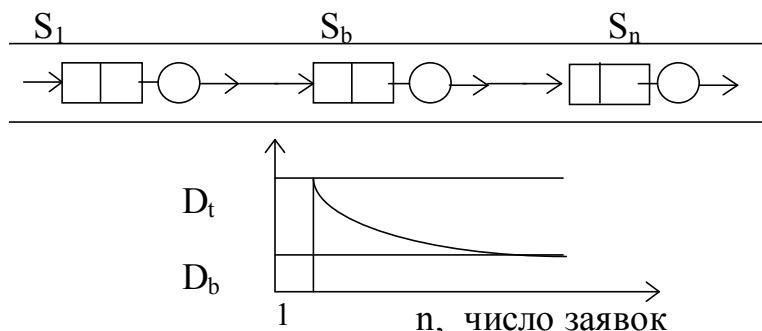


Рис. 3. Многосерверная модель

время последовательного прохождения одной заявкой всех приборов; D_b – наибольшее время обслуживания заявки из всех приборов. При таком подходе к моделированию производительность системы в целом увеличивается до $1/D_b > 1/D_t$.

Рассмотрим данную модель на примере системы, состоящей из двух обслуживающих приборов. В общем случае в стеке протоколов станции S существуют два потока заявок: «прием» и «передача». Предположим, что эти процессы протекают независимо, т. е. система работает в дуплексном режиме. Пусть обслуживающие приборы выполняют обслуживание заявки за время D_b и D_r , причем $D_b > D_r$. Будем рассматривать нормализованное время обслуживания заявок, т. е. $D_b + D_r = 1$. В этом случае производительность системы тоже равна 1. Однако при поступлении на вход системы нескольких заявок через короткие временные интервалы ($t_r \ll D_r < D_b$), производительность системы возрастет и достигнет предельной величины $1/D_b$. В этом случае среднее время обслуживания заявки также приблизится к D_b . Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что среднее время обслуживания заявки T зависит от n – числа заявок на входе системы и отношения $\delta = D_r/D_b$:

$$T = D_b \cdot \frac{1 - \delta^{n+1}}{1 - \delta^n},$$

или через

$$dT = \frac{(1 - \delta^{n+1})}{(1 + \delta) \cdot (1 - \delta^n)}. \quad (1)$$

Данное выражение может быть проиллюстрировано графиком, изображенным на рис. 4. Для случая $\delta = 1$ ($D_b = D_r$) будем иметь зависимость, которая представлена на рис. 5.

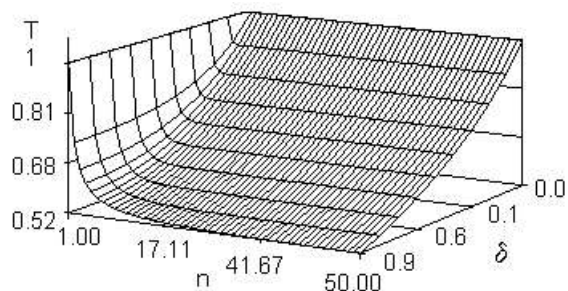


Рис. 4. График зависимости T от d и n

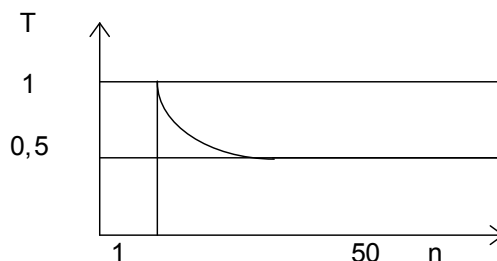


Рис. 5. Зависимость T от n при $d=1$

Рассмотренное в работе явление в действительности имеет место даже на обычных однопроцессорных ПЭВМ типа PC.

В этом случае в качестве нескольких параллельно работающих обслуживающих приборов могут выступать CPU ПЭВМ, DMA, сетевой адаптер, т. е. в данном случае мы имеем трехсерверную модель. Максимальная производительность будет достигаться, когда каждый уровень стека протоколов будет представлен реальным самостоятельным обслуживающим устройством, причем среднее время, проводимое заявкой на каждом уровне, должно быть приблизительно одинаковым. Как уже отмечалось выше, настоящая модель может быть успешно распространена и на физическую среду передачи данных, т. е. при прохождении заявкой нескольких сегментов сети последние также могут быть рассмотрены как параллельно работающие приборы. Описанный в статье эффект будет иметь ярко выраженный характер в случае применения протоколов, использующих алгоритм передачи пакетов без ожидания подтверждения как в чистом виде, так и при использовании алгоритма «окна».

Литература: 1. J. P. M. van Oorchot, Measuring and Modeling computer networks, 1993. – 224 p. 2. D. M. Wisse, G. L. Reijns, Pipelining in protocol stacks, 1995. – 342 p. 3. О. Ю. Гусак Комплексный подход к моделированию локальной вычислительной сети: 3-я Международная конференция; Тез. докл. ХТУРЭ, Харьков-Туапсе. – 1997. – 408 с. 4. О. Ю. Гусак Об одном подходе к моделированию локальных вычислительных сетей: 1-й Международный молодежный форум "Электроника и молодежь в XXI веке"; Тез. докл. / ХТУРЭ, Харьков. – 1997. – 296 с.

Поступила в редколлегию 12.11.97

Гусак Олег Юрьевич, аспирант кафедры ИУС ХТУРЭ, Научные интересы: анализ и моделирование компьютерных сетей. Адрес: 310166, Украина, Харьков, ул. Вакулина, 10 к. 451, тел. 40-94-51, E-mail: oleg@kture.cit-ua.net.