

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ И АЛГОРИТМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ЗАПРОСОВ К СЛУЖБАМ СЕРВЕРОВ ПРИЛОЖЕНИЙ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Е. П. Журавель (Санкт-Петербург)

Процесс обработки запросов к серверу приложений (СП) клиент-серверной вычислительной системы (КС ВС) можно интерпретировать как обслуживание запросов в стохастической сети массового обслуживания (СеМО) [1]. Формальное описание процесса обработки запросов к СП КС ВС, представляемое как процесс обслуживания заявок в СеМО, предполагает установление однозначного соответствия между физическими элементами КС ВС и абстрактными объектами теории массового обслуживания (заявка, обслуживающий прибор, время обслуживания, дисциплина обслуживания, маршрут движения заявки) [2– 8].

Аналитическая модель функционирования КС ВС может быть определена параметрами

$$\{ U, O, S, I, Q, T, X \},$$

где U – множество узлов, O – множество служб, S – множество сетей, I – множество автономных источников внешних заявок от пользователей, Q – множество заявок, T – множество связей между узлами, источниками заявок и сетями (отношение связности на множествах U , I и S), X – система множеств, определяющая для каждого узла множество служб, функционирующих на данном узле и выделенную каждой службе часть производительности узла.

На рис. 1 представлена структурная схема аналитической модели функционирования КС ВС.

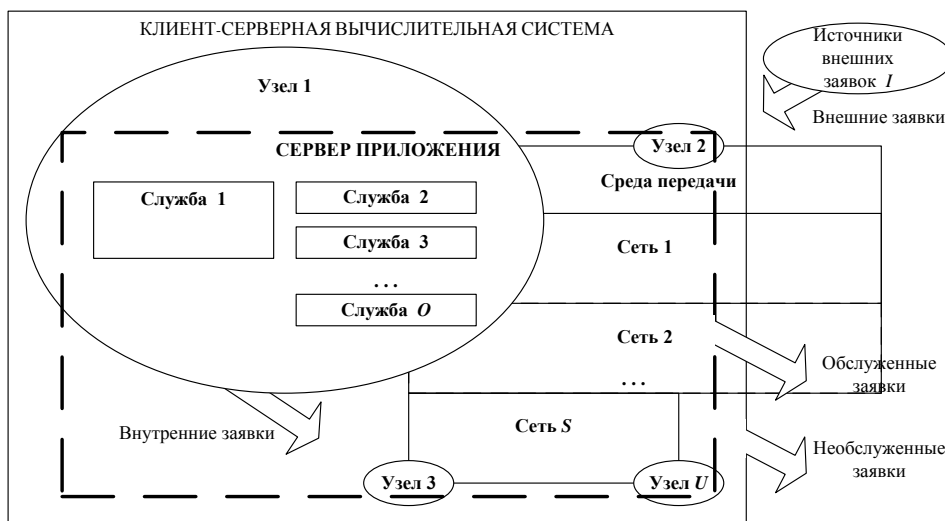


Рис. 1. Структурная схема аналитической модели функционирования СП КС ВС

Описанная выше аналитическая модель позволяет описать взаимодействия и выявить зависимости, существующие в КС ВС, но она сложна для математического решения. Для нахождения решения поставленной задачи осуществлено формальное описание процесса обработки запросов к КС ВС, представляемое как процесс обслуживания заявок в СеМО (рис. 2).

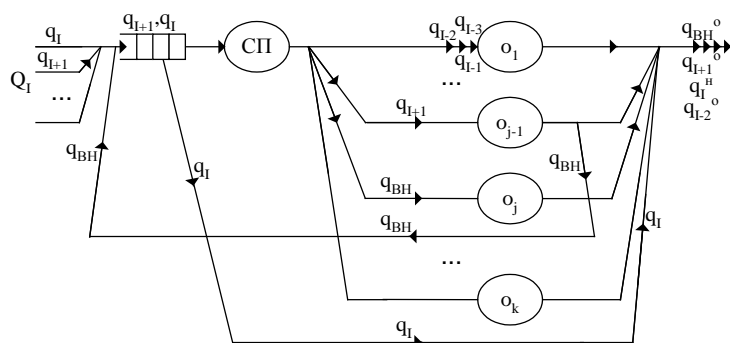


Рис. 2. Сеть массового обслуживания заявок СП КС ВС

С позиций классификации данной СеМО следует отметить, что она состоит из $n \times k$ многоканальных систем массового обслуживания, поскольку на каждом узле могут быть развернуты все службы СП, каждая из которых может обслуживать более одной заявки; является нелинейной, так как есть размножение заявок, а также их потеря в случае выхода из строя узлов КС ВС; является разомкнутой; является неоднородной, потому что в СеМО имеют место быть заявки, различающиеся законом распределения появления их в модели, длительностью обслуживания в узлах, путями движения заявок в сети и т.д.; является беспriorитетной, так как отсутствует учет приоритетов заявок, поскольку в КС ВС используется базовый протокол IPv4, в котором все передаваемые заявки имеют лишь относительный приоритет, определяемый видом находящейся в них информации. Способ продвижения заявок в СеМО зависит от вида заявок и реализуется с помощью стандартного, предлагаемого адаптивного и рационального алгоритмов диспетчеризации.

Анализ литературы, посвященной поиску закона распределения промежутков времени между моментами поступления двух соседних заявок в систему, позволяет утверждать только то, что при проектировании любой системы на основе вычислительной сети, как правило, известна лишь интенсивность решаемых в ней задач [1–6]. Поэтому следует выбрать закон распределения входного потока заявок, который, с одной стороны, был бы близок к реальному, а с другой – обеспечивал получение гарантированных результатов. При этом описание закона распределения входного потока заявок требует решения ряда вопросов и, прежде всего, вопроса о его стационарности [1–6]. Свойство стационарности входного потока нарушается, поскольку поступление заявок на вход СеМО зависит от времени, что обусловлено изменениями в ВС. Неординарность потока заявок обусловлена отличной от нуля вероятностью возникновения нескольких заявок в один и тот же момент времени. При этом СП КС ВС осуществит их обработку последовательно (в порядке появления их в очереди), что обусловлено особенностями программной реализации СП КС ВС, как, впрочем, и любой другой системы, в том числе системы жесткого реального времени [9]. Последствие обусловлено зависимостью некоторых служб СП от других служб, что, в свою очередь, при выполнении запроса одного типа вызывает «всплеск» интенсивности внутренних запросов другого типа. Помимо этого, для служб видео- и голосовой связи последствие запросов присуще изначально, ввиду наличия у пользователей данных служб известного в инженерной психологии эффекта, описанного Б.В.Зейгарник, заключающегося в том, что человек стремится полностью завершить начатое им действие [10]. Таким образом, на основе приведенных выше соображений, а также изложенного в [5, 6] представляется целесообразным использовать нестационарное, неординарное и обладающее последствием гамма-распределение времени поступления заявок в модель.

Для повышения адекватности результатов исследуемого процесса следует провести многофакторный эксперимент для априорно известных режимов: нормальное функционирование (нагрузка меньше максимума для всех служб); перегрузка по одной или нескольким

службам (свыше максимума), устраняемая распределением заявок по службам узлов; перегрузка по одной или нескольким службам, превышающая вычислительные возможности КС ВС. При выборе законов распределения времени обслуживания заявок целесообразна ориентация на типовые законы распределения случайных величин.

Существующий алгоритм диспетчеризации запросов к службам узлов КС ВС основан на одной из принятых разработчиками схеме размещения служб КС ВС по его узлам, которая приведена в таблице под наименованием «существующая». Принцип работы существующего алгоритма диспетчеризации очевиден – транзакт, соответствующий запросу, поступает в очередь службы узла, после чего либо начинается его обработка, либо он остается в очереди службы и ждет освобождения вычислительного ресурса. В случае, если служба (или узел, на котором функционирует данная служба) неработоспособна (неисправна), транзакт теряется, а в случае превышения времени ожидания обслуживания – покидает систему необслуженным.

Схемы размещения служб по узлам КС ВС

Наименование схемы	Наименование и номер узла	Номер службы				Наименование схемы	Наименование и номер узла	Номер службы				
		1 (рго ху)	2	3	4			1 (рго ху)	2	3	4	
	узел № 0	+					узел № 0	+				
«существующая»	узел № 1		+			«предлагаемая»	узел № 1		+	+	+	
	узел № 2			+			узел № 2		+	+	+	
	узел № 3				+		узел № 3		+	+	+	

Предлагаемая схема размещения служб СП КС ВС по его узлам для адаптивного алгоритма диспетчеризации (табл. 1), реализует распределенное решение по размещению служб по узлам КС ВС и повышает его надежность. Предлагаемый адаптивный алгоритм основан на одномерном автоматном алгоритме случайного поиска с самообучением для каждой работающей службы каждого работающего узла и методе штрафных функций [11, 12]. Использование метода штрафных функций заключается в том, что для каждого транзакта рассчитывается максимально допустимое время его выполнения $T_{доп}$, которое по завершении его выполнения сравнивается с фактическим временем выполнения транзакта в системе T . Если $T > T_{доп}$, то автомат, оптимизирующий поведение службы, получает на вход сигнал "штраф", в противном случае – сигнал "нештраф". Особенности реализации метода штрафных функций применительно к алгоритму являются наличие отказов в обслуживании транзактов по истечении их максимально допустимого времени ожидания в очереди (по тайм-ауту) и наличие транзактов, соответствующих запросам, требующим постоянной скорости обслуживания в процессе обслуживания (голосовая телефонная связь). Граф переходов состояний автомата при получении сигналов «штраф» и «нештраф» показан на рис. 3. Автомат имеет 2m состояний.

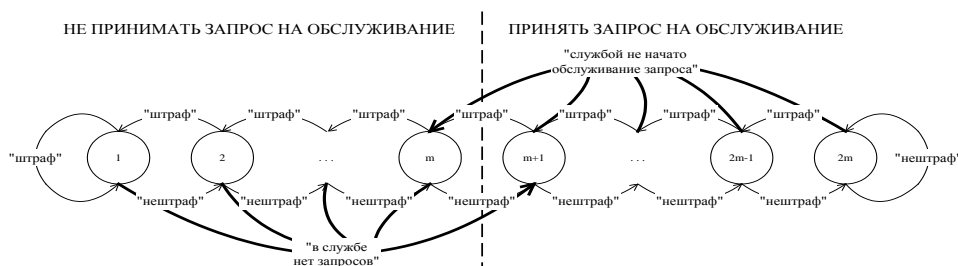


Рис. 3. Граф переходов состояний одномерного автоматного алгоритма случайного поиска с самообучением

Решением на начало обработки транзакта службой узла будет текущее состояние автомата, зависящее от выполнения транзактов службой узла. Глубина памяти автомата равна количеству состояний, деленному на два, то есть m . Очевидно, что чем больше глубина памяти, тем более инерционной будет реакция, но малая глубина памяти считается малоэффективной, поскольку решение на обработку транзакта будет изменяться слишком часто [11, 12].

Помимо сигналов «штраф» и «нештраф», с учетом специфики исследуемого КС ВС, введены еще два сигнала «службой не начато обслуживание транзакта» и «в службе нет транзактов» – для исключения двух возможных состояний автомата: при поступлении большого количества транзактов в одну или несколько служб одного узла (ввиду того, что сумма минимально необходимой производительности для обслуживания уже поступивших транзактов практически равна суммарной производительности узла) невозможно добавление нового транзакта, хотя служба при этом успешно работает ($T < T_{доп}$), а также тогда, когда служба узла завершила обработку транзакта, и в службе больше нет обрабатываемых транзактов, а как минимум у $m + 1$ обработанных до этого транзактов $T > T_{доп}$.

Программная реализация предлагаемого алгоритма для формулируемых специальных решений и проведенные на модели вычислительные эксперименты позволили снизить информационный обмен между узлами КС ВС при соблюдении следующих условий: глубина памяти автомата равна единице (автомат имеет только два состояния); оставлен сигнал "службой не начато обслуживание транзакта"; дополнительно введен сигнал "службой завершено обслуживание транзакта", формируемый при завершении обработки каждого транзакта.

Граф переходов состояний для одномерного автоматного алгоритма случайного поиска с глубиной памяти "один" показан на рис. 4.



Рис. 4. Граф переходов состояний одномерного автоматного алгоритма случайного поиска с глубиной памяти «один»

Для возможности сравнения предлагаемого алгоритма с учетом предлагаемого распределенного решения, реализован рациональный алгоритм, заключающийся в поиске для каждого поступившего транзакта службы узла с максимальной производительностью. Реализация рационального алгоритма в модели затруднений не представ-

ляет, поскольку доступна полная информация состояния узлов и служб. В реальном КС ВС для принятия решения необходима актуальная информация состояния узлов, сбор которой затруднен, поскольку получение этой информации представляет собой информационный обмен, причем, чем он интенсивнее, тем информация состояния узлов актуальнее, тем больше на него расходуется ресурсов и тем меньше ресурсов используется непосредственно для обработки запросов. Кроме того, на формирование варианта решения также требуется время, за которое ситуация может существенно измениться, так как могут поступить новые запросы, а обслуживание других запросов может быть завершено.

Принцип работы рационального алгоритма заключается в поиске для каждого вновь поступившего транзакта службы узла с максимальной производительностью. В случае выхода из строя службы узла или узла (со всеми функционирующими на нем службами), выполняющиеся транзакты перераспределяются по службам других узлов, на которых есть соответствующие запросам функционирующие службы. Потеря других транзактов происходит только в том случае, если неработоспособны все службы СП КС ВС, в которых данный транзакт мог бы продолжить свое выполнение.

Результаты работы программной реализации имитационной модели для двадцати пяти транзактов в минуту к каждой службе, 100 час. моделирования и количестве узлов КС ВС, изменяющимся от 3 до 10 приведены на рис. 5.

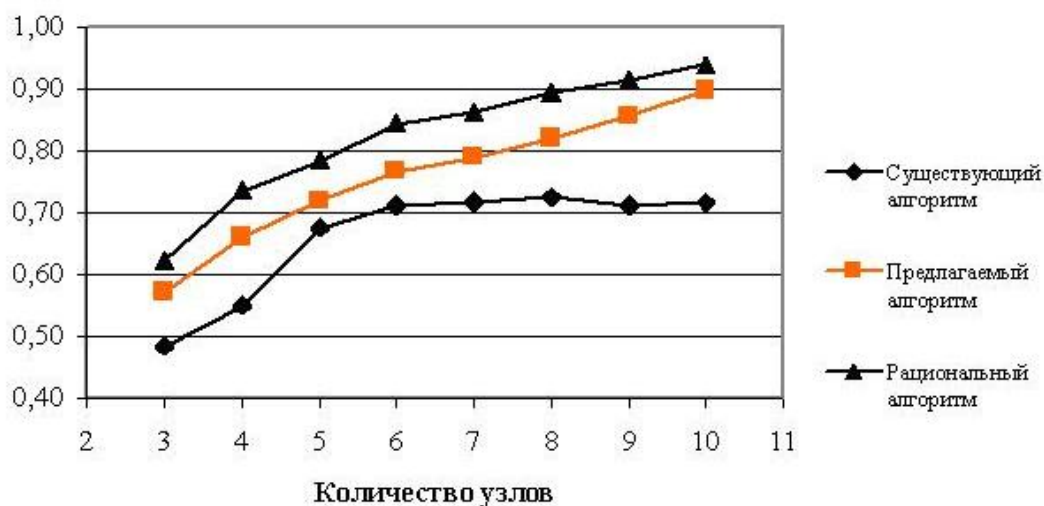


Рис. 5. Вероятность обслуживания транзакта при интенсивности поступления двадцать пять транзактов в минуту к каждой службе

Выводы

Использование нестационарного, неординарного и обладающего последствием гамма-распределения времени поступления транзактов в модель СП КС ВС представляется обоснованным.

При количестве узлов от трех до семи значения вероятности обслуживания транзакта алгоритма оптимизации отличаются в большую сторону от значений вероятности существующего алгоритма на 5–10%, а при количестве узлов более семи – на 10–15 % и стремятся к значениям рационального алгоритма, что обосновывает целесообразность применения адаптивных алгоритмов случайного поиска с самообучением для решения задачи диспетчеризации запросов к службам СП КС ВС.

Литература

1. **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
2. **Клейнрок Л.** Коммуникационные сети (стохастические потоки и задержки сообщений). М.: Наука, 1970. 256 с.
3. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979. 600 с.
4. **Мартин Дж.** Вычислительные сети и распределенная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1986. 269 с.
5. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ/Пер. с англ. В 2-х частях. Ч. 1. М.: Наука, 1992. 936 с.
6. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ/Пер. с англ. В 2-х частях. Ч. 2. М.: Наука, 1992. 272 с.
7. **Бусленко Н. П.** Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 346 с.
8. **Советов Б. Я., Яковлев С. А.** Моделирование систем: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1985. 271 с.
9. **Зыль С. Н.** QNX Momentics: основы применения. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 256с.
10. Основы инженерной психологии/Под ред. Б. Ф. Ломова М.: Высшая школа, 1986. 448 с.
11. **Поспелов Д. А., Пушкин В. Н.** Мышление и автоматы. М.: Советское радио, 1972. 224 с.
12. **Растрингин Л. А., Рипа К. К.** Автоматная теория случайного поиска. Рига: Зинатне, 1973. 344 с.