

УДК 621.396.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ И ОЧЕРЕДЯМИ СООБЩЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Тукубаев З. Б.¹

*(Международный Казахско-Турецкий университет
им. Ясауи, г.Туркестан, Казахстан)*

Предлагается алгоритм стохастического управления нестационарными потоками приоритетных сообщений по узлам полносвязной сети, отличающийся от существующих разнородностью (приоритетностью) потоков, обобщенным критерием, учитывающим вероятность потерь, упрощенным методом пошаговой оценки состояния.

Ключевые слова: алгоритмы стохастического управления потоками сообщений, нестационарные потоки приоритетных сообщений, вероятность потерь, пошаговая оценка состояния, фильтр Калмана, нестационарные системы массового обслуживания, идентификация и управление в реальном времени, обобщенный критерий оценки управления.

В современных информационно-вычислительных сетях в узлах выхода нескольких локальных сетей (ЛС) в глобальную сеть (ГС) через маршрутизатор образуются очереди сообщений (заявок), поскольку ЛС имеют высокое быстродействие ($\approx 10-100$ Мбит/с), а исходящий канал выхода в ГС, T1-канал, имеет скорость передачи $V = 1,544$ Мбит/с [1, 3].

¹ *Зухирхан Бейсекович Тукубаев, кандидат технических наук
(zuhr@pochta.ru, zuhr08@rambler.ru)*

Такой же случай обслуживания очередей возникает когда администратор сети управляет удаленным маршрутизатором или клиент работает с сеансом *Telnet*; при этом администратор для работы в интерактивном режиме должен управлять маршрутизаторами для организации обслуживания потоков в заданном направлении.

Кластерная организация обмена информацией между процессорами серверов дает возможность гибко регулировать производительность системы и добиваться нужной производительности и надежности [1, 3].

Такая же задача оптимизации очередей приоритетных заявок при организации данных в СУБД серверов современных сетей передачи данных решается в трудах [2].

Постоянное наращивание и развитие таких сетей потребовало разработки новых способов и алгоритмов динамического управления обслуживанием потоков сообщений и функционированием сетей, учитывающих дальнейшее их развитие. В этих условиях, когда число взаимосвязанных параметров и взаимодействующих компонентов велико, имитационное моделирование является эффективным методом, позволяющим создать модели необходимой полноты (содержательности), универсальности и адекватности.

Использование методов идентификации и управления, работающих в масштабе процесса, увеличивает степень использования общей пропускной способности системы и эффективности загрузки ее элементов и узлов. При этом возникает задача разработки адаптивных алгоритмов обработки в нестационарных СМО (НСМО), методов оценки и оптимального управления НСМО.

В работе Г.И.Пранявичюса [4] разработан алгоритм стохастического управления нестационарными однородными потоками сообщений на базе критерия минимизации среднего времени задержки сообщений.

В работах [5-8] разработаны алгоритмы, учитывающие приоритетность потоков сообщений и вероятности потерь из-за

ограничения длины очереди. При оценке состояния системы использована оптимизация на каждом шаге.

В настоящей работе предлагается обобщенный критерий оценки управления и более эффективный алгоритм прогнозирования. Рассматривается полносвязная сеть, пропускающая нестационарные приоритетные потоки заявок. Требуется построить диспетчер потоков, который с учетом нестационарности потоков управляет распределением потоков по узлам, минимизируя потери, связанные с задержкой заявок. Величину нагрузки узлов рассмотрим как состояние системы и применим управление, минимизирующее дисперсию состояния. При этом состояние системы оценивается с помощью фильтра Калмана как состояние нестационарного случайного процесса. Рекуррентное оценивание по Калману сводится к решению задачи динамического программирования, что является довольно громоздкой задачей. Поэтому в настоящей работе предлагается использование управления по шагово-оптимизируемому критерию вместо глобального. Преимуществом такого динамического критерия является отсутствие накопления ошибок.

Пусть $V_i(t)$ – нагрузка на i -ом узле связи (эрл). Состояние сети задается вектором $V(t) = V_1(t), \dots, V_n(t)$, n – количество узлов.

Обозначим через $U_i(t)$ величину поступления нагрузок на i -й узел от других узлов. Далее, приводим векторные величины размерности n . В качестве критерия, задаваемого на каждом шаге, выберем

$$(1) \quad I_k = M(X_{k+1} P X_{k+1} + U_k Q U_k),$$

где X_{k+1} определяется по следующей формуле (2):

$$(2) \quad X_{k+1} = V_{k+1} - V_0 = V_k + \Delta N / m - \Delta t + U_k / m - V_0,$$

где k – номер текущего шага (период управления); $1/\mu$ – длительность времени обслуживания; ΔN – прогноз числа заявок; Δt – длина периода; V_0 – центрированная нагрузка сети (усредненная по узлам).

При длительном функционировании сети ее общую нагрузку, и, следовательно, V_0 можно считать приблизительно одинаковой. С учетом такого допущения X_{k+1} определяется следующим образом:

$$(3) \quad X_{k+1} = (\Delta N + U_k) / m - \Delta t.$$

Таким образом, общий вид уравнения состояния определяется по формуле:

$$(4) \quad X_{k+1} = \hat{O}_e \tilde{O}_e + U_k / m.$$

А с учетом определения X_k окончательно Φ_k определяется по формуле:

$$(5) \quad \hat{O}_e = 1 + (\Delta N / m - \Delta t) / \tilde{O}_e.$$

Оптимальное управление должно минимизировать критерий (1), компенсируя отклонения X_{k+1} от общесетевого среднего, и одновременно уменьшать внутрисетевой обменный поток U_k . Из условия экстремума уравнение (1) имеет вид

$$(6) \quad X_{k+1} P + U_k Q = 0.$$

Подставим сюда значение из (2) и, решив полученную систему уравнений, определим значения U_k .

Алгоритм A_1 периодически минимизирует разброс незавершенной работы вокруг среднего значения с учетом прогнозных значения ожидаемого поступления заявок. Алгоритм A_2 отличается от A_1 тем, что не учитываются прогнозны значения потоков. Работа алгоритмов A_1 и A_2 оценивается по относительному эффекту, получаемому по отношению к функционированию сети без диспетчера A_0 .

Оценочным критерием принята взвешенная по приоритетам сумма произведений времен пребывания заявок в сети и вероятностей потерь.

Эффективность алгоритма E оценивается следующим образом:

$$(7) \quad E = f_0 / f_a;$$

где f_0 – потери при отсутствии перераспределения нагрузок; f_a – потери при использовании диспетчера; $a = 1, 2$ для алгоритмов A_1, A_2 . Значение f_a определяется как

$$(8) \quad f_a = \sum_p b_p w_p^a t_p^a,$$

где β_p – вес заявок p -го приоритета; ω_p^a – вероятность потери заявки p -го приоритета; t_p^a – среднее время прохождения заявок p -го приоритета в сети.

В качестве примера рассмотрены входные приоритетные потоки с интенсивностями, которые определяются по формуле:

$$(9) \quad I_p = b_p + c_p \sin\left(\frac{2p}{T_p} t\right).$$

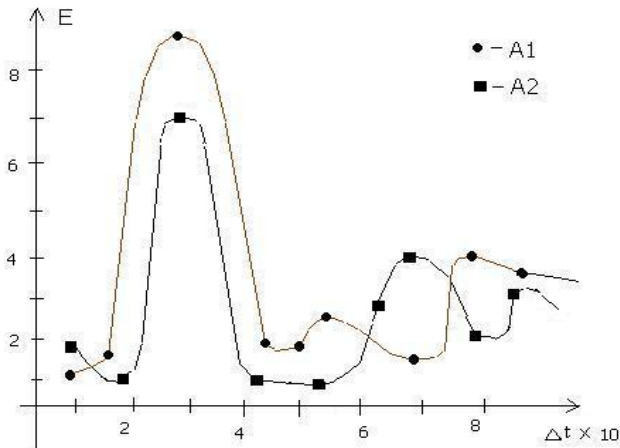


Рис. 1. Зависимость выигрыша от интервала управления при постоянной производительности узлов связи

На рис. 1 показана зависимость выигрыша E от периода управления при исходных данных: $P = 3$, $\beta_p = (10, 12, 15)$, $c_p = (5, 6, 7)$, $T_p = (1, 2, 3)$, $\mu = 60$ заявок в минуту.

Для прогнозирования ΔN использован обобщенный фильтр Калмана (алгоритм интервального суммирования – АИС). Выбор этого метода объясняется тем, что в нем есть возможность рекуррентного оценивания с более полным использованием информации о предыстории процесса, а также реализация этого алгоритма сравнительно проста.

Адаптивность метода к процессу обеспечивает компромисс между скоростью и объемом памяти.

Для построения K -модели (K – длина интервала) процесса $Y = \{y_t, t = 1, \dots, N\}$ составляется система $n_i = n - (m + k)$ уравнений относительно неизвестных коэффициентов регрессии $b_i, i = 1 - m; m$ – глубина памяти.

Выходом K -модели служат точки Y_{m+k+1}, \dots, Y_n , а все предыдущие отсчеты Y_1, Y_2, \dots, Y_{m+k} берутся в качестве входа в множественную регрессионную модель, определяемую в виде

$$(10) Y_j = \sum_{i=1}^m b_i y_{j+i-m-k-1}, j = m+k+1, n.$$

Идентификация процесса поступления заявок ведется по совокупности обучающих точек из числа наблюдаемых.

При задании временного ряда Y из E элементов K -модель прогнозирования строится путем определения b_i , минимизирующих невязку (11):

$$(11) \sum_{j=k+m+1}^E \left(y_j - \sum_{i=1}^m b_i y_{z+i} \right)^2, z = j - (m + k + 1),$$

здесь K можно рассматривать как величину шага упреждения.

Алгоритм прогнозирования отлажен и реализован на языках ПЛ/1, СПАЛМ и С++ состоит из следующих модулей:

1. Идентификация процесса по экспериментальным данным. Строятся различные варианты модели процесса $M(m, k)$ по наблюдениям. При этом параметры модели m, k варьируются. Обращения к подпрограмме имеет вид: $МОД(H, m, k, b, err)$.

2. Апробирование моделей $M(m, k)$. На экзаменующей последовательности производится прогнозирование потоков с определением среднеквадратического отклонения (СКО) предсказания. Данный модуль, оформленный в виде процедуры $PROGNOS(H, m, k, e, g, b, y, T)$, заполняет массив СКО, который имеет размерности $m \times k$.

3. Выбор модели с наименьшим СКО и выдача коэффициентов $b_i, i = 1 - m$ и параметров k, m .

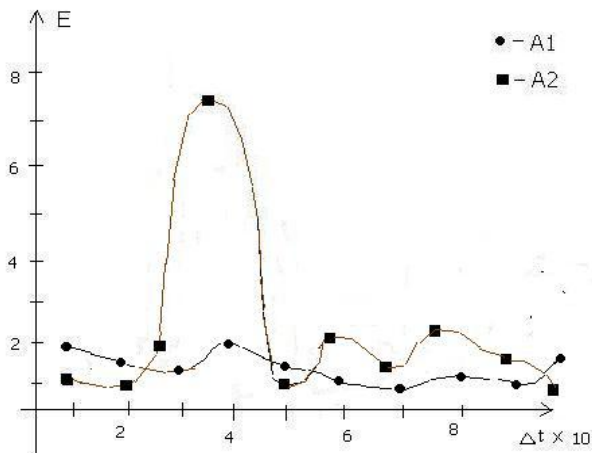


Рис. 2. Зависимость выигрыша от интервала управления при переменной производительности узлов связи

После определения всех данных для вычисления U_k (измерения X , прогноза ΔN , текущей интенсивности обслуживания μ) приступим к распределению нагрузок согласно значениям U_k .

Выводы:

1. Анализируя результаты моделирования, можно подобрать значения интервала Δt , обеспечивающее компромисс между минимумом энергии управления и максимумом выигрыша E .

2. Также можно определить, что при случайных изменениях производительности узлов μ эффективность алгоритма A_1 стохастического управления падает, уступая алгоритму без прогнозирования A_2 (рис. 2).

3. Алгоритм перераспределения оправдывает себя при малом времени передачи заявок между узлами.

Разработанная имитационная модель позволяет подбирать рациональные значения интервала управления Δt и выбирать наиболее подходящий алгоритм перераспределения в различных ситуациях.

Литература

1. БРОЙДО В. Л. *Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. 2-изд.* – М.–С.Пб.–Н.Новгород–Воронеж: Изд-во Питер, 2004. – 703 с.
2. КУЗНЕЦОВ С. Д. *Основы современных баз данных // Информационно-аналитические материалы.* – URL: <http://www.citforum.ru>.
3. КУЛЬГИН М. *Компьютерные сети. Практика построения для профессионалов. 2-изд.* – М.–С.Пб: Изд-во Питер, 2003. – 462 с.
4. ПРАНЯВИЧЮС Г. И. *Модели и методы исследования вычислительных систем.* – Вильнюс: Мокслас, 1982г. – 228 с.
5. ТУКУБАЕВ З. Б., КАМАРЕДДИНОВ Б. Н. *Динамическое распределение нестационарных приоритетных потоков в системе с потерями требований // Сб. «Вопросы кибернетики»,* Ташкент. – 1985. – Вып. 130.
6. ТУКУБАЕВ З. Б., КАМАРЕДДИНОВ Б. Н. *Модель эффективной загрузки узлов сети // Тезисы докладов XI – Всесоюзного совещания по проблемам управления.* – М. – Ташкент, 1989.
7. ТУКУБАЕВ З. Б., КАМАРЕДДИНОВ Б. Н. *Моделирование и исследование алгоритмов распределения нестационарных приоритетных потоков в сети СМО // Сб. «Алгоритмы»,* Ташкент. – 1986. – Вып. 60.
8. ТУКУБАЕВ З. Б., ТУКУБАЕВ Б. З. *Моделирование и исследование алгоритмов динамического управления потоками сообщений в информационно-вычислительных сетях // Труды Междунар. конф. “Вычисл. технологии и матем. моделиров. в науке, технике и образовании” (ВТММ-2003), ч.5, Новосибирск–Алматы–Усть-Каменогорск, 2003.*

MODELING AND INVESTIGATING DYNAMIC CONTROL ALGORITHMS OF MESSAGES' STREAMS IN COMPUTER NETWORKS

Tukubaev Z.B., International Kazakh-Turkish university named after Yasaуy, Turkestan, Kazakhstan (zuhr@pochta.ru, zuhr08@rambler.ru)

Abstract: The algorithm is offered for stochastic control of non-stationary streams of prioritized messages in complete communication network. The distinctive features of the algorithm are the heterogeneity (priority) of the streams, generalized criteria accounting for the probability of losses, and simpler method of step-by-step status estimation.

Keywords: dynamic control, streams of messages, computer networks, modeling algorithms, priority messages, stochastic management, complete communication network, generalized criteria.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии М.В. Губко.