

УДК 519.711.2

А.В. ФУРСЕНКО

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Украина

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИСЦИПЛИНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ КАНАЛОВ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ

В работе рассматривается дисциплина стохастической коммутации каналов в мультисервисной системе, границы её применимости и её эффективность по сравнению с более простыми дисциплинами. Рассмотрены возможности параметрического управления данной дисциплиной и поиска наиболее эффективного значения управляющего параметра. Разработана и представлена имитационная модель коммутационного узла с разнородными входными потоками. Построена таблица поддержки принятия решений для выбора эффективного значения управляющего параметра дисциплины стохастической коммутации каналов.

Ключевые слова: мультисервисная система, коммутация каналов, поддержка принятия решений.

Введение

При функционировании мультисервисных систем, одной из задач является коммутация заявок различных сервисов. Для реализации такой коммутации зачастую возникает необходимость выполнения дополнительных операций по переключению типов сервисов. При этом данные операции не связаны с работой самих сервисов. Таким образом, коммутация каналов и возникающая при этом дополнительная нагрузка на систему приводит к неэффективному использованию ресурсов и снижению качества обслуживания. Поэтому актуальной является задача поиска эффективной стратегии управления коммутацией каналов в таких системах.

Цель данной работы состоит в обосновании использования дисциплины стохастической коммутации каналов мультисервисной системы на основе данных полученных при имитационном моделировании подобных систем и выработке методов эффективного управления дисциплиной коммутации каналов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач, в частности, определить управляющий параметр рассматриваемой дисциплины, провести имитационное моделирование работы системы и определить правила выбора наиболее эффективного значения управляющего параметра дисциплины коммутации.

1. Модель мультисервисного узла

Задача моделирования сводится к рассмотрению мультисервисного узла с коммутацией пакетов

как системы массового обслуживания с ожиданиями, на вход которой поступает несколько (N) входных потоков заявок. Структурная схема данной системы изображена на рис. 1 ($N = 2$).

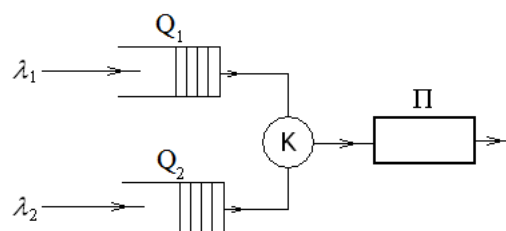


Рис. 1. Структурная схема процесса обработки заявок СМО при $N=2$

Коммутатор K определяет, в соответствии с дисциплиной коммутирования D , какая из очередей обслуживается в данный момент времени. Заявки из каждой очереди обслуживаются в соответствии с дисциплиной FIFO и ожидают обслуживания в очереди (Q_n , $n \in 1, \dots, N$) без ограничения по времени и по длине очереди.

Критерием эффективности функционирования системы принимается величина потерь, возникающих при простое обслуживающего процессора без нагрузки, а также при пребывании заявок в очереди, так как данный критерий позволяет оценить эффективность работы системы с точки зрения качества обслуживания и эффективности использования доступных ресурсов, и в случае его минимизации обеспечивает повышение качества обслуживания.

Рассмотрим ситуацию, при которой, входящие заявки каждого из типов образуют простейший поток с интенсивностями λ_n ($n \in 1, \dots, N$; $\lambda_n \in \mathfrak{R}$,

где \mathfrak{R} — множество рациональных чисел, $\lambda_n > 0$), а также характеризуются величиной штрафа, начисляемой за единицу времени пребывания в системе (выражается в условных единицах в единицу времени), и ресурсоёмкостью, которая определяет время, необходимое процессору для обслуживания заявки. Величины штрафа и ресурсоёмкости распределены между заявками случайно по закону общего вида с математическими ожиданиями Q_n ($Q_n \in \mathfrak{R}$, $Q_n > 0$) и R_n ($R_n \in \mathfrak{R}$, $R_n > 0$) для заявок n -го типа ($n \in 1, \dots, N$)

При смене типа обслуживаемых заявок с j на k , процессор производит дополнительные операции ресурсоёмкостью $R_{j,k} = R_{k,j} = R_{\Pi}$, $\forall j \neq k$, $\forall j \in 1, \dots, N$, $\forall k \in 1, \dots, N$, $R_{\Pi} \in \mathfrak{N}$, $R_{\Pi} \geq 0$

Потери в системе рассматриваются в расчёте на одну заявку и являются аддитивной функцией двух слагаемых, зависящих от дисциплины D :

$$W(D) = W_t(D) + W_p(D),$$

где $W_p(D)$ — потери, вызванные пребыванием заявок в очереди, $W_t(D)$ — потери, обусловленные простоем процессора без нагрузки или сменой типов заявок.

2. Дисциплина стохастической коммутации

Среди возможных дисциплин работы коммутатора рассмотрим дисциплину стохастического переключения ($D = \text{RAND}$), при котором коммутатор выбирает очередь для обслуживания случайно. Выбор очереди осуществляется в момент извлечения текущей заявки из очереди, вероятность смены типа обслуживаемых заявок с j на k — $P_{j,k}$ ($P_{j,k} \in (0;1)$), а $P_{j,j}$ — вероятность того, что коммутатор продолжит обслуживать очередь j .

Для случая $N = 2$, $\lambda_n = \lambda$, $Q_n = Q$ и $R_n = R$, $\forall n \in 1, \dots, N$, то есть при симметричных входящих потоках, получим

$$\begin{cases} P_{1,2} = P_{2,1} = P_{\Pi}, \\ P_{1,1} = P_{2,2} = 1 - P_{\Pi}. \end{cases}$$

Таким образом, управляющим параметром рассматриваемой дисциплины в данном случае является вероятность P_{Π} , а задача минимизации потерь в рассматриваемой системе сводится к поиску области эффективных значений P_{Π} , в рамках которой минимизируется функция потерь W , которую выберем в качестве целевой функции:

$$W(P_{\Pi}) \rightarrow \min_{P_{\Pi}}, \quad 0 \leq P_{\Pi} \leq 1.$$

3. Результаты имитационного моделирования системы

Для определения эффективности рассматриваемой дисциплины стохастического переключения ($D = \text{RAND}$) была также разработана модель более простой системы без коммутатора, в которой заявки поступают в единую очередь и обслуживаются в порядке поступления в систему. При этом, аналогично исходной системе, процессор при смене типов заявок выполняет дополнительные операции трудоёмкостью R_{Π} . Обозначим дисциплину коммутации очередей в такой системе $D = \text{FIFO}$.

Для решения поставленной задачи оптимизации работы коммутирующего узла и поиска эффективных значений P_{Π} была разработана имитационная модель рассматриваемой системы с использованием среды компьютерного моделирования «AnyLogic». Целью имитационного моделирования работы системы при заданных параметрах, является получение величины потерь W , как показателя эффективности работы системы.

На рис. 2 изображён график зависимости потерь W от вероятности переключения P_{Π} , при использовании дисциплины стохастического переключения ($D = \text{RAND}$).

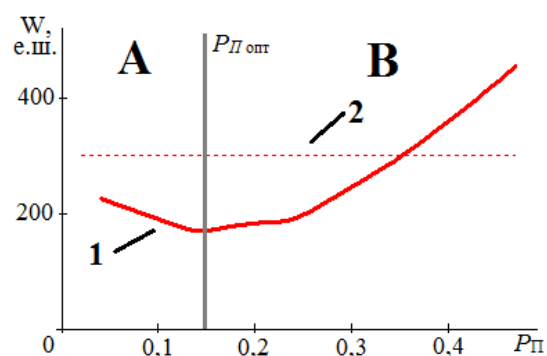


Рис. 2. Зависимость потерь W от вероятности переключения P_{Π} :
1 — $D = \text{RAND}$; 2 — $D = \text{FIFO}$.

График потерь при использовании дисциплины коммутации $D = \text{FIFO}$ приведён в виде горизонтальной пунктирной линии, так как потери в данном случае не зависят от вероятности P_{Π} .

Для зависимости $W(P_{\Pi})$ при $D = \text{RAND}$, приведённой на рис. 2, характерны два различных участка. На участке **A** происходит снижение потерь при повышении вероятности переключения P_{Π} , доминирующим фактором в данном случае является снижение времени простоя процессора. При увеличении вероятности $P_{\Pi} > P_{\Pi \text{ опт}}$ (участок **B**) уменьшение потерь из-за простоя процессора компенсируется двумя факторами: дополнительной нагрузкой при

переключении очередей с большей частотой и потерями, связанными с увеличением средней длины очереди.

Для крайних точек области определения функции потерь, то есть при $R_{\Pi} = 0$ и $R_{\Pi} = 1$, характерен бесконечный рост потерь при увеличении количества заявок проходящих через систему, что говорит о переходе системы в неустойчивый режим работы. Это связано с критическим увеличением времени простоя процессора без нагрузки и бесконечным ростом одной из очередей в первом случае, и ростом дополнительной нагрузки из-за переключения очередей во втором. Точка объединения участков **A** и **B**, соответствует минимуму потерь в системе, а значение вероятности переключения $R_{\Pi} = R_{\Pi \text{ опт}}$, соответствующее экстремуму функции, является оптимальным значением управляющего параметра для дисциплины стохастического переключения, которое определяется параметрами системы и выбранной политикой штрафов.

Анализ потерь при изменении коэффициента использования ρ показывает, что дисциплина стохастического переключения $D = \text{RAND}$ малоэффективна для систем с малыми нагрузками ($\rho < 0,5$) и позволяет уменьшить потери в ситуациях критических нагрузок ($\rho > 0,90$). Моделирование системы при различных значениях дополнительной нагрузки R_{Π} демонстрирует эффективность дисциплины стохастического переключения по сравнению с $D = \text{FIFO}$, при увеличении дополнительной нагрузки R_{Π} .

4. Таблица поддержки принятия решений

В табл. 1 представлены результаты расчётов целевой функции потерь при некотором наборе значений коэффициента использования системы,

трудоёмкостей переключения очередей и наборе возможных значений вероятности R_{Π} . Данная таблица, кроме поиска области применимости дисциплины $D = \text{RAND}$, может быть использована для поиска наиболее эффективной вероятности переключения R_{Π} .

Приведённые данные демонстрируют, что в случае высоких значений коэффициента использования системы ($\rho > 0,9$), дисциплина $D = \text{RAND}$ позволяет существенно повысить качество обслуживания по сравнению с $D = \text{FIFO}$, при этом, в рассматриваемом примере достигается уменьшение величины потерь свыше 40%. Выбор наиболее эффективного значения управляющего параметра R_{Π} для данной дисциплины в данном случае определяется величиной трудоёмкости переключения каналов.

В случае низких значений коэффициента использования, эффективным является применение дисциплины $D = \text{FIFO}$, вне зависимости от величины трудоёмкости переключения каналов. При средних значениях ρ выбор дисциплины коммутации и управляющего параметра зависят от величины трудоёмкости переключения каналов: при высокой $R_{\Pi} > 0,5 Q_n$, наиболее эффективной является $D = \text{RAND}$, а значение управляющего параметра $R_{\Pi} = 0,19$, при этом достигается 25% уменьшение потерь в сравнении с $D = \text{FIFO}$. В обратном случае при $R_{\Pi} < 0,5 Q_n$, дисциплина $D = \text{FIFO}$ является наиболее эффективной.

Таким образом, табл. 1 является таблицей поддержки принятия решений при управлении

коммутацией каналов в мультисервисных системах и позволяет выбрать наиболее эффективное значение управляющего параметра для дисциплины стохастического переключения очередей или выбрать переход к использованию дисциплины $D = \text{FIFO}$.

Таблица 1

Выбор эффективной вероятности переключения

		Трудоёмкость переключения каналов					
		высокая ($R_{\Pi} > 0,5 Q_n$)			низкая ($R_{\Pi} < 0,5 Q_n$)		
		Коэффициент использования			Коэффициент использования		
Дисциплина	R_{Π}	высокий $\rho > 0,9$	средний $0,9 \geq \rho \geq 0,75$	низкий $0,75 > \rho$	высокий $\rho > 0,9$	средний $0,9 \geq \rho \geq 0,75$	низкий $0,75 > \rho$
D = RAND	0,07	240,2	170,0	129,8	206,0	189,1	158,3
	0,11	186,5	149,6	145,3	191,9	148,2	135,8
	0,15	216,1	134,1	101,8	167,6	139,4	123,4
	0,19	250,7	101,9	125,3	174,4	103,8	112,2
	0,23	289,5	160,3	130,3	178,5	135,7	114,4
D = FIFO	-	355,8	137,1	27,4	212,0	21,6	24,4

Выводы

Выполнен анализ эффективности работы алгоритма стохастической коммутации в мультисервисном узле в условиях симметричных входящих потоков.

Разработана имитационная модель коммутационного узла с разнородными входными потоками. Анализ данных полученных в результате имитационного моделирования выявил эффективность рассматриваемой дисциплины коммутации для систем с высоким значением коэффициента использования ($\rho > 0,90$), а также в условиях высоких значений трудоёмкости переключения каналов ($R_{\Pi} > 0,5 Q_n$), что позволяет использовать её для повышения качества обслуживания в критически нагруженных системах.

Построена таблица поддержки принятия решений, позволяющая выбрать наиболее эффективное значение управляющего параметра для дисциплины стохастического переключения.

С целью обобщения случая, рассмотренного в данной работе, в дальнейших исследованиях целесообразным является рассмотрение эффективности функционирования дисциплины стохастической коммутации при поступлении на вход системы несимметричных потоков.

Литература

1. Скатков, А.В. Имитационная модель поддержки принятия решений по управлению ортогональной коммутационной сетью [Текст] / А.В. Скатков, Д.Ю. Воронин, Д.Н. Данильчук // Вестник СевГТУ. Сер. Информатика, электроника, связь: сб. науч. тр. – Севастополь, 2006. – Вып. 74. – С. 27 – 37.
2. Воронин, Д.Ю. Системотехнический анализ процессов диспетчеризации в распределенных вычислительных системах [Текст] / Д.Ю. Воронин // Вісник СевДТУ. Вип. 93: Информатика, електроніка, зв'язок: зб. наук. пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2008. – С. 33 – 38.
3. Венцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Венцель. – М.: Наука. – 1991. – 520 с.
4. Фурсенко, А.В. Оптимизационная модель управления производительностью узла корпоративной сети с неоднородной нагрузкой / А.В. Фурсенко, Ю.В. Сосновский // Вестник СевНТУ, Оптимізація виробничих процесів: зб. наук. пр. – Севастополь, 2011. – Вып. 13/2011 – С. 119 – 124.

Поступила в редакцию 20.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Мельник, Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина.

ПАРАМЕТРИЧНЕ КЕРУВАННЯ ДИСЦИПЛІНОЮ СТОХАСТИЧНОЇ КОМУТАЦІЇ КАНАЛІВ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ

О.В. Фурсенко

В роботі розглядається дисципліна стохастичної комутації каналів в мультисервісній системі, межі її застосування та її ефективність у порівнянні з більш простими дисциплінами. Розглянуто можливості параметричного керування даною дисципліною та пошуку найбільш ефективного значення керуючого параметра. Розроблена та представлена імітаційна модель комутуючого вузла з різнорідними входними потоками. Проаналізовано результати моделювання та побудована таблиця підтримки прийняття рішень для вибору найбільш ефективного значення керуючого параметра дисципліни стохастичної комутації каналів.

Ключові слова: мультисервісна система, комутація каналів, підтримка прийняття рішень.

PARAMETRIC CONTROL OF THE STOCHASTIC SWITCHING DISCIPLINE OF MULTISERVICE SYSTEM CHANNELS FOR IMPROVING THE QUALITY OF SERVICE

A.V. Fursenko

Discipline of stochastic switching of channels in multiservice system, the limits of its applicability and its effectiveness in comparison with more simple discipline are presented in this paper. Parametric management possibilities of given discipline and receiving the most effective value of control parameter are presented. The developed simulation model of interconnecting node with heterogeneous flows is described. Simulation results are analyzed and a decision support table for receiving effective control parameter value of stochastic switching discipline is constructed.

Keywords: multiservice system, channel switching, decision support.

Фурсенко Александр Владимирович — ассистент кафедры компьютерной инженерии и моделирования Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина.