

Моделирование приоритетного управления информационными потоками с использованием сокетов¹

В современных автоматизированных информационных системах (АИС), имеющих централизованную архитектуру хранения информации, существуют известные проблемы обслуживания, связанные с разделением сетевых и вычислительных ресурсов источника между клиентами. Одной из основных проблем является возникновение задержек обслуживания, негативно влияющих на время информационных процессов в системе и вследствие этого, снижающих эффективность её эксплуатации. Поиск решения этой проблемы находит широкое отражение в работах современных исследователей, например [1, 2], в том числе и в работах авторов, например [3].

Представление информационного обслуживания как совокупности процессов формирования и передачи информационных потоков между участвующими субъектами [4] позволяет определить, что основными негативными факторами задержек обслуживания являются задержки формирования потоков источниками и задержки их передачи в сетевой инфраструктуре АИС. Первые обусловлены поддерживаемой большинством современных операционных систем (ОС) концепцией вытесняющей многозадачности, реализующей в т.ч. многопользовательский доступ, вторые – сетевой архитектурой, например *Ethernet*, основанной на монопольном захвате канала передачи данных с использованием технологии *MAC(MediaAccessControl)* активным субъектом. Естественным и необходимым способом передачи информационных потоков в таких средах

¹ Работа выполнена за счет средств федерального бюджета Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания на выполнение научно-исследовательской работы «Оптимизация информационного взаимодействия в АСУП», регистрационный номер 710442011.

является их фрагментация и микширование в соответствии с условиями формирования и передачи по общим каналам связи.

Однако, такой способ формирования композитного сетевого потока, предполагающий последующую его декомпозицию на уровне *L2-OSI* участвующими субъектами АИС, обладает тем недостатком, что не позволяет прогнозировать время информационного обслуживания, возникают задержки получения информации, зачастую имеющей критический для системы характер. Причина этого заключается в первую очередь в случайном характере формирования информационного потока (ИП), а точнее композитного потока, содержащего фрагменты информационных потоков, исходящего из сетевого интерфейса источника (см. рис. 1, по материалам [5]). Здесь можно установить два фактора, определяющих порядок следования и размеры фрагментов ИП, а именно – конкуренцию процессов ОС, реализующих задачи формирования информации, и состояние выходных сетевых устройств вычислительной системы (ВС), обслуживающей многопользовательский доступ.

Для устранения или снижения влияния проблемы стохастических задержек в АИС на её эффективность необходимо решить ряд задач, одной из которых является анализ возможностей и разработка механизмов управления информационным обслуживанием на базе тиражируемых ВС путём управления процессом формирования композитного потока. Для решения этой задачи была сформулирована гипотеза, устанавливающая, что размер и порядок следования фрагментов ИП в композитном потоке находится в зависимости и доступен для управления в соответствии с планом выполнения процессов ОС ВС источника. Для доказательства этой гипотезы авторами были проведены эксперименты моделирующие управление на уровне *L2-OSI*[6]. В качестве источника для экспериментов была использована ВС на базе ОС *UnixFreeBSD*. Целью эксперимента являлось подтверждение возможности управления формированием информационных потоков путем приоритетного управления формируемыми процессами ОС.

Выбор ОС был обусловлен широким диапазоном изменения пользовательских приоритетов, доступных для *FreeBSD* (от -20 до +19).

Была поставлена задача – изменяя параметры базового и параметры и количество конкурентных процессов добиться их очевидного влияния на параметры композитного потока. С этой целью были введены следующие параметры: p – приоритет обслуживающего процесса, p' – вектор приоритетов конкурентных процессов, k – количество конкурентных процессов, n – количество вычислительных итераций формирования. Параметр задержки связан с прочими функцией $\tau = f(p, p', n, k)$. Характер композитного потока описывается планом $\Pi = f(m, i, \gamma_i)$, где m – порядок следования фрагмента ИП в композитном потоке, i – индекс потока, γ_i – длительность фрагмента i -го потока. Оценка приоритетного управления процессами формирования производилась путем измерения скорости передачи данных клиенту (на компьютерах клиентов – рис. 1, поз. 1-3 соответственно).

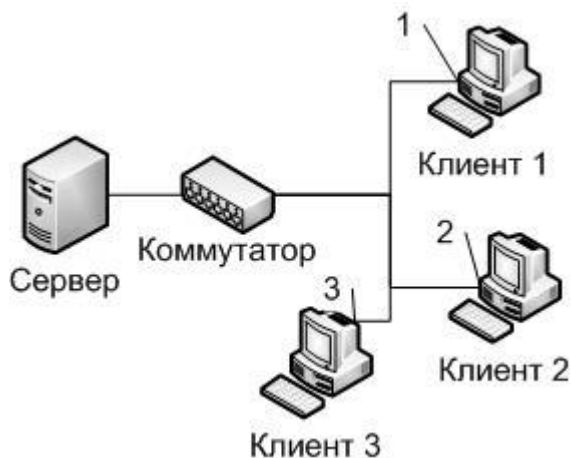


Рис. 1. Схема модели инфраструктуры

Проведенные эксперименты [6] доказали возможность эффективного управления формированием композитного потока на уровне *L2-OSI* путем приоритетного управления планированием формирующих процессов в источниках данных на базе ВС. Однако этот результат может служить только в качестве иллюстрации, и не отражает реальной возможности подобного управления для реальных систем, использующих *L4-OSI*, например *TCP/IP*.

С целью исследования такой возможности была проведена серия экспериментов с использованием механизма сокетов для *Unix*. Схема сегмента инфраструктуры приведена на рис. 1, были произведены измерения концентрации ИП, измерения проводились путем захвата трафика на сервере программой *tcpdump* с последующей обработкой программой *InfoPainter*.

В ходе эксперимента клиенты направляли серверу запросы на *TCP*-порт сетевой службы, использующий механизм *socket* для *UnixFreeBSD*. На сервере была запущена служба, получающая *TCP*-запросы. Производилась идентификация клиента по *IP*-адресу, выполнялось приоритетное ранжирование запроса согласно плана $P = \Pi_p(r); r = \Pi_r(IP)$, где r – ранг клиента, P – приоритет процесса, Π_r и Π_p – приоритетные планы рангов и приоритетов соответственно. Организовывались процессы передачи файлов, ранжированные согласно полученного приоритета.

Временная диаграмма взаимодействия клиентов и сервера приведена на рис. 2.

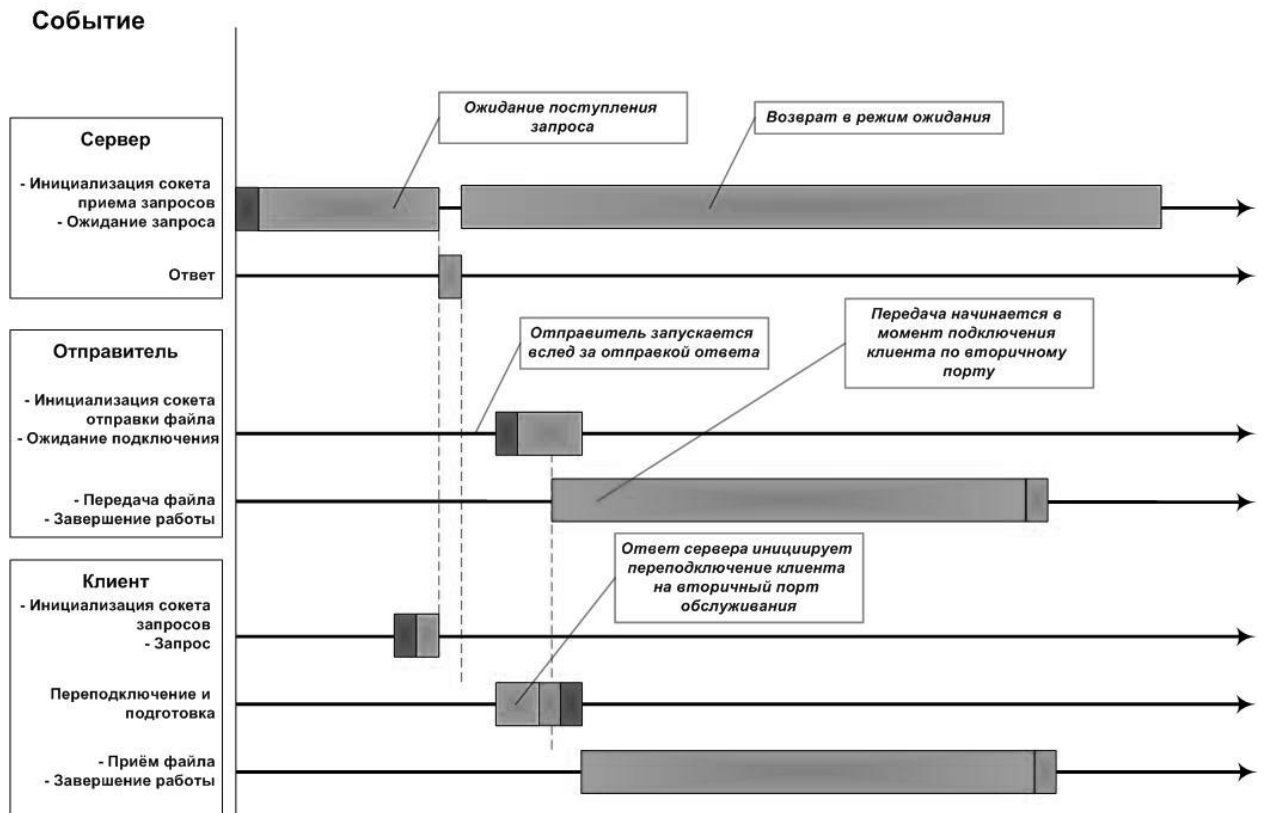


Рис. 2. Временная диаграмма эксперимента

В ходе приоритетного планирования, основанного на статическом ранжировании запросов[7], изменялись приоритеты формирующих процессов. Были получены различные результаты для различных значений приоритетов формирующего и конкурирующих процессов (см. рис. 3-4).



Рис. 3. Поведение информационных потоков при приоритетах конкурирующих клиентов равных 0 и -5

На диаграммах, представленных на рис. 3 и 4, очевидна зависимость скорости получения ИП клиентом в зависимости от динамики приоритета формирующего процесса. Однако представленные результаты нельзя считать значимыми до получения аналитических зависимостей параметров потоков от вектора управляющих приоритетов $p(t) = (p_c(t), p'_1, p'_2)$, где p_c – значение управляющего приоритета исследуемого процесса, p'_1, p'_2 – фиксированные приоритеты 1-го и 2-го конкурирующих процессов соответственно.

Поведение информационных потоков
(приоритет клиента №2 равен +6, клиента №3 равен +1)

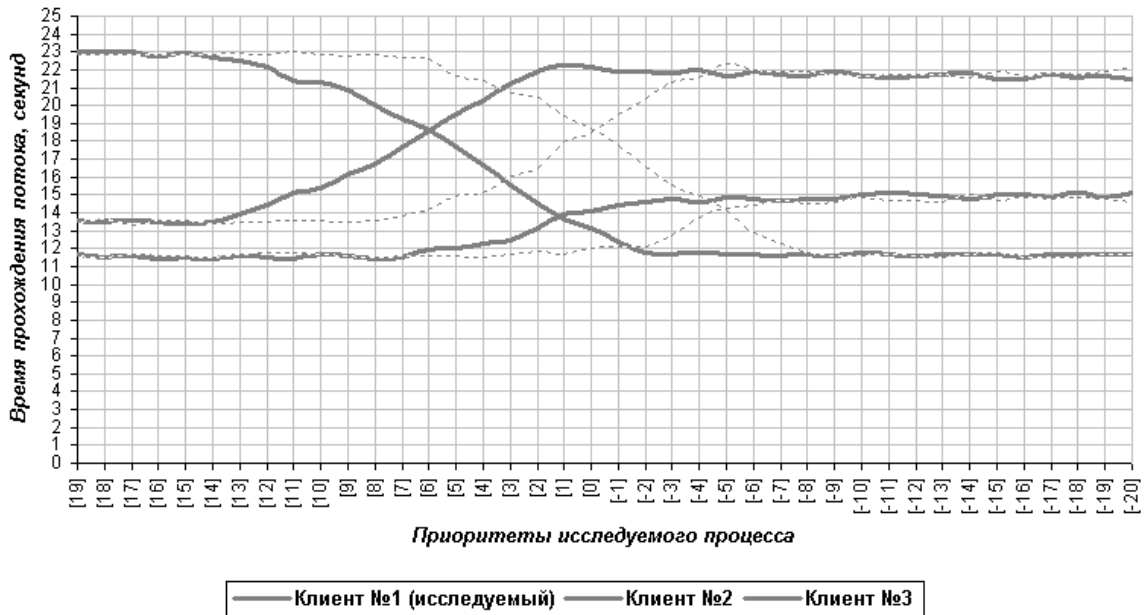


Рис. 4. То же при приоритетах конкурирующих клиентов +6 и +1 (жирная линия), сопоставленное с предыдущим экспериментом (рис. 3 – пунктир)

Основным параметром, характеризующим состояние ИП в композитном потоке является концентрация, поэтому была поставлена задача получения аналитической зависимости концентрации ИП – d от приоритета исследуемого формирующего процесса как $d_c = F(p_c(t))$. С этой целью была проведена серия экспериментов по формированию композитного потока в сегменте, содержащем сервер и единственного клиента, выполняющим роль получателя всех ИП. На клиенте производился захват и анализ трафика путем измерения концентрации информационного потока с помощью программы *InfoPainter* [8]:

$$d_i(m) = \frac{W_i(t)}{W_\Sigma(t)}; \quad W_i(t) = \sum_{j=1}^{m_i(t)} w_{ij}; \quad W_\Sigma = \sum_{j=1}^{m(t)} w_j, \quad (1)$$

где d_i – концентрация i -го потока, W_i – объем переданных данных i -го потока, W_Σ - общий объем переданных данных, m – количество зарегистрированных за время t кадров *Ethernet*, w_j – объем j -го кадра

Ethernet[3]. Результаты измерений концентрации для одной из серий экспериментов приведены на рис. 6.

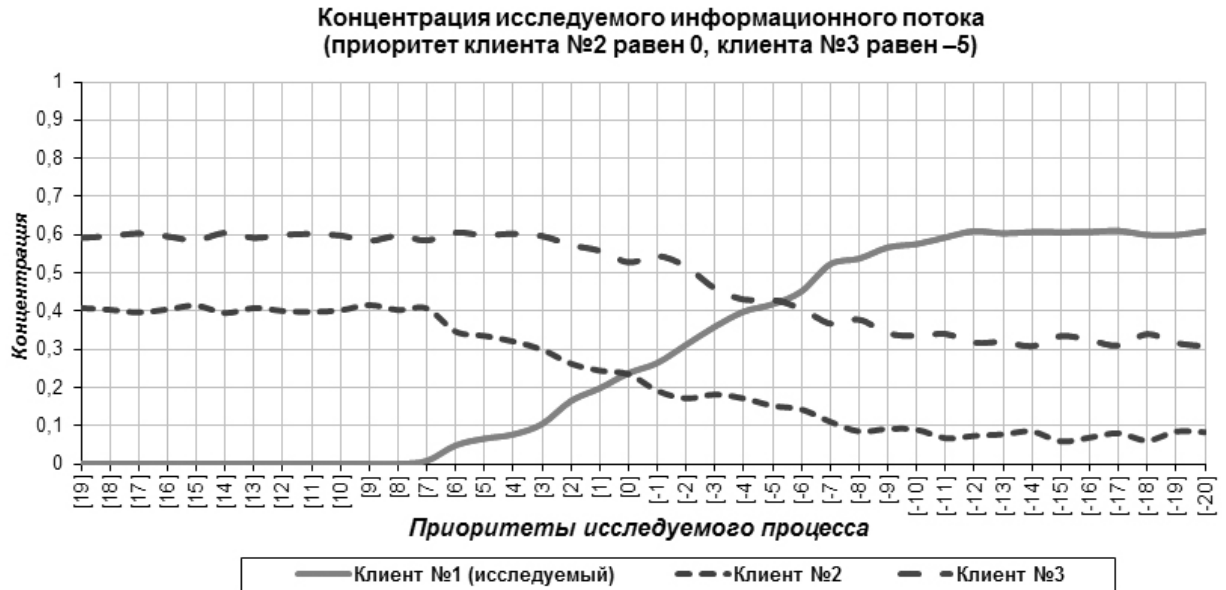


Рис. 6. Диаграмма приоритетного формирования ИП на L4-OSI

На рис. 6 приведены диаграммы концентраций ИП. Снижение максимально-достижимого значения до 60% вызвано наличием двунаправленного трафика поддерживающего сеанс TCP. Результаты подтвердили возможность приоритетного управления формированием ИП, уравнение регрессии выглядит как

$$\tilde{y}_x = e^{-1,3205+0,0467x} \quad (2)$$

Фактическое значение F-критерия Фишера равно $F_{\text{факт}} = 275,4$, что подтверждает значимость регрессии (табличное значение $-F_{\text{табл}} = 4,20$). Значимость регрессии подтверждается также расчётными значениями других показателей, приведенными в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

$t_{\text{табл}}$	m_a	m_b	$m_{r_{xy}}$	t_a	t_b	$t_{r_{xy}}$	r_{xy}
2,0484	0,0590	0,0036	0,0576	-22,3808	13,1422	16,5952	0,9797

Предельная ошибка для каждого показателя $\Delta a = -46,0932$; $\Delta b = 27,0663$.

Таблица 2.

Y_a	$Y_{a.max}$	$Y_{a.min}$	Y_b	$Y_{b.max}$	$Y_{b.min}$
$-1,3205 \pm (-46,0932)$	-47,1272	44,7727	$0,0467 \pm 27,0663$	27,1130	-27,0196

Исследования подтвердили возможность приоритетного управления информационным обслуживанием в АИС путем управления формированием информационных потоков на источниках данных как на низких так и на высоких уровнях сетевого взаимодействия источника и клиентов. Данный метод и полученные аналитические зависимости могут быть использованы для разработки приоритетных систем диспетчеризации, входящих в состав операционных систем, сетевых служб, реляционных СУБД и пр.

Литература:

1. Цициашвили Г.Ш., Осипова М.А. Алгебраические методы моделирования стохастических сетей. Владивосток.: Дальнаука, 2007. 132 с.
2. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера. 512 с.
3. Сироткин А.В. Повышение эффективности АСУ на основе оптимизации информационных процессов. Магадан: Ноосфера, 2012. 144 с.
4. Сироткин А.В., Старикова О.А. Приоритетная модель оптимизации дискретного информационного взаимодействия по критерию задержки обслуживания. // Экономика и управление. № 10. 2009. С. 105 – 108.
5. Сироткин А.В. Исследование информационных потоков в инфраструктуре автоматизированных информационных систем.- Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2006.- 155 с.
6. Сироткин А.В. Управление формированием информационных потоков в вычислительной системе. // Инженерный вестник Дона (электронный журнал). 2011, № 4.

7. Приоритетное планирование процессов информационного обеспечения в АСУП. // Инженерный вестник дона (электронный журнал). 2012, № 1.

8. Сироткин А.В., Звонов Ф.Н., Ржанников Г.А., Сафронов Ю.В. Программа InfoPainter для анализа и визуализации информационных потоков в среде Ethernet. Свидетельство о регистрации ВНТИЦ от 19.08.09, код № 0203027050344, инв. № 50200900936.