

У ДК 681.5.09

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ОТКАЗОВ

Иванова Т.В., Машенко Е.Н., Янчук И.В.

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

Рассмотрена имитационная модель n-канальной системы передачи данных с различными видами отказов. Проведен анализ зависимости надежностных характеристик от емкости буферов, времен наработки на отказ и восстановления каналов.

Применение буферизации промежуточных данных позволяет повысить надежность и производительность системы передачи данных (СПД), вследствие чего уменьшается ущерб от отказов во всех звеньях системы. Но при увеличении емкостей буферов наряду с повышением надежности передачи растет и объем затрат на их создание и обеспечение работоспособности. При проектировании и эксплуатации СПД необходимо решить задачу оптимального выбора надежностных характеристик, обеспечивающих заданную надежность и производительность подобных систем.

Система передачи данных состоит из n последовательно соединенных каналов передачи данных и промежуточных буферов. Опишем порядок функционирования системы. На вход ее первого канала A_1 производительностью c_1 на каждом отрезке времени Δt поступает столько сообщений $N_1(\Delta t)$, сколько он может передать за это время при безотказной работе, т.е. $N_1(\Delta t) = c_1 \Delta t$. После передачи по первому каналу сообщение поступает в буфер, а затем во второй канал A_2 , $N_2(\Delta t) = c_2 \Delta t$ и так далее до выхода из последнего канала (заявка покидает систему). Время безотказной работы канала $A_i, i = \overline{1, N}$ является случайной величиной (СВ) α_i с функцией распределения (ФР) $F_i(x) = P\{\alpha_i \leq x\}$. Отказ канала A_i может произойти по причине отказа k -го типа, $k = \overline{1, 3}$ с вероятностью $P_k \geq 0$ $\sum_{k=1}^3 P_k = 1$. Если отказ канала A_i произошел вследствие отказа k -го типа, то время восстановления СВ $\beta_i^{(k)}$ с ФР $G_i^{(k)}(x) = P\{\beta_i^{(k)} \leq x\}$. СВ α_i , $\beta_i^{(k)}$ предполагаются независимыми, имеющими конечные математические ожидания. У ФР $F_i(x)$, $G_i^{(k)}(x)$

существуют плотности $f_i(x)$, $g_i^k(x)$. Максимальные емкости буферов которые предполагаются абсолютно надежным и равна $h_i > 0$, $i = \overline{1, n}$.

При отказе канала A_j и заполненном буфере канал A_{j-1} отключается, а при пустом буфере отключается канал A_{j+1} . В случае различной производительности и работоспособном состоянии обоих каналов быстродействующий канал может работать, не используя полностью свою производительность, если буфер заполнен полностью при $c_j > c_{j+1}$ и, если пуст, при $c_j < c_{j+1}$. Вся система считается работоспособной в данный момент времени, если она выдает продукцию на выходе последнего канала A_n .

Для расчета показателей систем с двумя каналами существуют

оценочные соотношения [1]

$$T_+^{(h)} \approx \frac{M\alpha_1 M\alpha_2}{M\alpha_1 + \sum_{k=1}^n p_k \overline{G}_1^{(k, \varepsilon)}(h) \int_h^\infty \overline{F}_2(t) dt},$$

$$T_-^{(h)} \approx \frac{M\alpha_1 \sum_{k=1}^n p_k M\beta_2^{(k)} + \int_h^\infty \overline{F}_2(x_2) dx_2 \int_h^\infty \sum_{k=1}^n p_k \overline{G}_1^{(k, \varepsilon)}(t) dt}{M\alpha_1 + \sum_{k=1}^n p_k \overline{G}_1^{(k, \varepsilon)}(h) \int_h^\infty \overline{F}_2(t) dt},$$

$$K_F^{(h)} \approx [M\alpha_1 M\alpha_2] / [M\alpha_1 M\alpha_2 + M\alpha_1 \sum_{k=1}^n p_k M\beta_2^{(k)} + \int_h^\infty \overline{F}_2(x) dx \int_h^\infty \sum_{k=1}^n p_k \overline{G}_1^{(k, \varepsilon)}(t) dt];$$

где K_F – стационарный коэффициент готовности; T_+ – время безотказной работы; T_- – время восстановления.

Определим следующие характеристики надежности системы: стационарные коэффициент готовности, время безотказной работы и время восстановления.

Исходные данные для рассматриваемой имитационной модели: количество каналов и буферов, функции распределения времени безотказной работы и восстановления каналов, производительности каналов, емкости буферов, вероятности типов отказов, средние времена безотказной работы каналов и времена восстановления после отказов.

Модель реализована на языке GPSS [2].

Проводился анализ адекватности значений, полученных при моделировании, и значений, полученных при эксплуатации реальной системы передачи данных по маршруту Кацивелили–Ялта–Севастополь. Исходные параметры реальной системы приведены в таблице 1, результаты анализа – в таблице 2.

Таблица 1 – Параметры системы

Параметр	Значение для первого канала	Значение для второго канала
Время безотказной работы	200 ч	250 ч
Вероятность отказа первого типа (по оборудованию)	0,5	0,58
Вероятность отказа второго типа (по организационным причинам)	0,37	0,22
Вероятность отказа третьего типа (по техническим причинам)	0,13	0,2
Время восстановления после отказа первого типа	25 ч	30 ч
Время восстановления после отказа второго типа	35 ч	30 ч
Время восстановления после отказа третьего типа	7,6 ч	8 ч
Емкость буфера	60 пакетов	

Функции распределения времен безотказной работы и восстановления экспоненциальные.

Таблица 2 – Проверка адекватности имитационной модели

Коэффициент готовности		
Реальный	Аналитический	Имитационный
0,84735	0,84637	среднее 0,847622; дисперсия 0,000809; доверительный интервал при вероятности 0,95: $0,831326 \leq x \leq 0,863918$

При помощи имитационной модели были получены следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 – Зависимость надежностных характеристик от емкости буфера

№	Емкость буфера, пакетов	K_{Γ}	$T_{без}, ч$	$T_{вос}, ч$
1	5	0,79335	211,56	55,10667
2	10	0,83818	223,5147	43,152
3	20	0,84971	226,5893	40,07733
4	50	0,85227	227,272	39,39467
5	100	0,85737	228,632	38,03467
6	200	0,85737	228,632	38,03467
7	500	0,85737	228,632	38,03467
8	1000	0,85737	228,632	38,03467

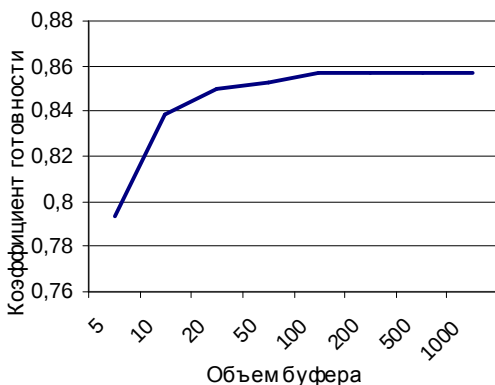


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента готовности от емкости буфера

Из рисунка 1 видно, что увеличение буфера при небольших значениях ведет к существенному изменению надежностных параметров, но, начиная с определенного предела, эффективность его дальнейшего увеличения падает.

Для исследования влияния вида функции распределения параметров данной системы на коэффициент готовности сравним значения, полученные для одинаковых параметров системы, но с разными функциями распределения (экспоненциальным,

равномерным), а также коэффициент готовности реальной системы передачи данных Ялта-Кацивели-Севастополь.

Как видно из рисунка 2, значения коэффициента готовности, полученные при моделировании, практически совпали с характеристиками реальной системы (максимальная относительная погрешность 1,5%). Из этого можно сделать вывод, что для данных входных параметров функции распределения не оказывают значительного влияния на характеристики надежности. Однако исследования [3] показывают, что в зависимости от конкретной системы необходимо выбирать распределения, соответствующие характеру обслуживания

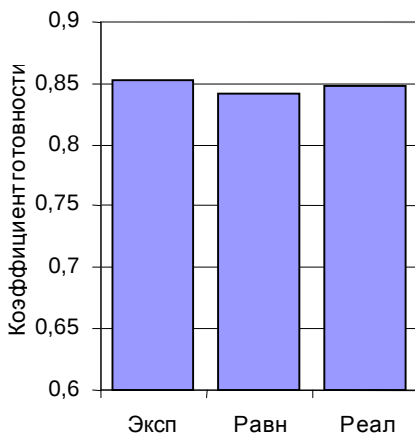


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента готовности от вида функций распределения

Библиографический список

1. Доронина Ю.В. Интегральная оценка надежности системы с накопителями / Ю.В. Доронина, В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин // Вестн. Сев ГТУ. Автоматизация процессов и управления: Сб. науч. тр. — Севастополь, 1997. — Вып. 7. — С. 53–60.
2. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS / Т.Дж. Шрайбер; Пер. с англ. В.И. Горчера, И.Л. Шмуйловича. — М.: Машиностроение, 1980. — 592 с.

3. Башарин Г.П. О приближенных методах расчета характеристик неэкспоненциальных сетей массового обслуживания / Г.П. Башарин // Проблемы теории вычислительных сетей. — 1983. — № 3. — С. 43–58.

Поступила в редакцию 6.07.2001 г.