

УДК 681.3

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖМАШИННОГО ОБМЕНА ПРИ РЕЗЕРВИРОВАНИИ МАГИСТРАЛЕЙ

В.А. Богатырев, А.В. Евлахова, Е.Ю. Котельникова, С.В. Богатырев, А.В. Осипов

Рассмотрены варианты межмашинного обмена по двум магистралям с учетом сбоев и повторных передач.

**Ключевые слова:** отказоустойчивость, резервирование магистралей, пакет, сбой.

Отказоустойчивость вычислительных систем и сетей достигается при резервировании узлов хранения, обработки и передачи данных, в том числе магистралей (коммутаторов). Резервирование магистрали связано с вариантностью организации межмашинного обмена. В работе рассмотрены следующие варианты организации обмена в сети с учетом ненадежности передачи:

А. Пакет передается по одной из магистралей, а в случае его недоставки (нарушение контрольной суммы) он повторно передается после освобождения магистрали;

В. Пакет передается по двум магистралям одновременно, а в случае недоставки обоих пакетов их передача повторяется после освобождения магистралей;

С. Пакет передается по одной из магистралей, а в случае неудачной попытки он передается повторно по той же магистрали без ее освобождения;

Д. Пакет передается по двум магистралям одновременно, а в случае недоставки обоих пакетов они повторно передаются по тем же магистралям (без их освобождения).

Будем считать, что время передачи пакетов распределено по показательному закону со средним значением  $v$ . Вероятность правильной доставки пакета по одной и по одной из двух магистралей определим как  $p_1 = \exp(-\lambda_c v)$ ,  $p_2 = 1 - (1 - \exp(-\lambda_c v))^2$ , а среднее число попыток до успешной передачи пакета как  $\alpha_1 = 1/p_1$ ,  $\alpha_2 = 1/p_2$ ;  $\lambda_c$  – интенсивность сбоев при передаче;  $\lambda_0$  – интенсивность запросов на передачу пакетов. Среднее время пребывания запросов при интерпретации процесса передачи системой массового обслуживания типа М/М/1 [1] для случаев А–Д по формуле Полячека–Хинчина [1] определим как

$$T_A = \alpha_1 \frac{v}{1 - (\alpha_1 \lambda_0 v / 2)}, T_B = \alpha_2 \frac{v}{1 - (\alpha_2 \lambda_0 v)}, T_C = V_1 + (\lambda_0 V_1 / 2) \frac{V_1(1 + D_1 / V_1^2)}{2(1 - (\lambda_0 V_1 / 2))}, T_D = V_2 + (\lambda_0 V_2) \frac{V_2(1 + D_2 / V_2^2)}{2(1 - (\lambda_0 V_2))},$$

где  $V_1 = v/p_1$ , и  $V_2 = v/p_2$  – средние времена занятия магистрали с учетом нескольких попыток до успешной передачи. Дисперсию времени доставки пакета, когда число попыток до успешной передачи – случайная величина со средним  $N_1 = 1/p_1$ ,  $N_2 = 1/p_2$ , определим как  $D_1 = N_1 D_v + v^2 D_{N_1}$ ,  $D_2 = N_2 D_v + v^2 D_{N_2}$ , где дисперсия  $D_v = v^2$ , а дисперсия числа попыток до успешной передачи по одной  $D_{N_1}$  и по одной из двух  $D_{N_2}$

$$D_1 = \frac{p_1}{(1 - p_1)} \sum_{i=1}^{\infty} (1 - p_1)^i (i - \frac{1}{p_1})^2, D_2 = \frac{p_2}{(1 - p_2)} \sum_{i=1}^{\infty} (1 - p_2)^i (i - \frac{1}{p_2})^2.$$

Зависимость среднего времени пребывания запросов в системе от интенсивности запросов  $\lambda_0$  для вариантов А–Д представлена соответствующими кривыми на рисунке, когда  $\lambda_c = 0,05$  1/с и  $v = 2$  с. Из графиков видно влияние рассмотренных вариантов организации обмена на ее эффективность. Влияние отказов сетевых средств на время доставки пакетов может быть учтено на основе моделей [2, 3].

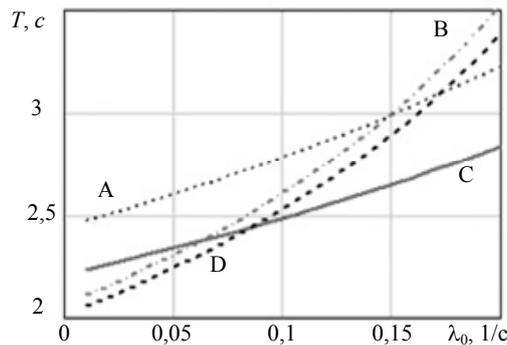


Рисунок. Зависимость времени пребывания запросов в системе от интенсивности запросов  $\lambda_0$

Расчеты показывают предпочтительность повторной передачи без освобождения магистралей, причем при низкой нагрузке эффективней оказывается одновременная передача по двум магистралям (увеличивает вероятность доставки хотя бы по одной из них), а при высокой – по одной из магистралей (снижает нагрузку).

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
2. Богатырев В.А., Котельникова Е.Ю. Анализ влияния накопления отказов коммуникационных средств на снижение коммуникационных возможностей компьютерных систем с резервированием // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 1. – С. 34–40.
3. Богатырев В.А. Надежность и эффективность резервированных компьютерных сетей // Информационные технологии. – 2006. – № 9. – С. 25–30.