

Сомов С.К.

Анализ целесообразности использования архивов магнитных носителей в распределенных системах в качестве восстановительного резерва

Аннотация: В работе рассмотрена проблема оценки эффективности использования архивов магнитных носителей и неразрушенного оперативного резерва для восстановления разрушенных оперативных данных распределенной системы. Получены условия, определяющие целесообразность использования в распределенных системах неразрушенного ОР или АМН в качестве восстановительного резерва.

Ключевые слова: распределенные системы, оперативное резервирование, восстановительное резервирование, схема восстановления разрушенного резерва

Для обеспечения высокой степени сохранности информации, используемой в распределенных информационных системах, широко используется метод информационной избыточности. А именно – создание и размещение в узлах компьютерной сети, на основе которой работает РСОД, оперативного резерва (ОР), состоящего из некоторого количества копий и/или предысторий массивов данных [1]. Такой подход сильно снижает вероятность потери массивов данных, используемых в распределенной системе. Однако он не исключает полностью возможность искажения или потери данных. Данная проблема эффективно решается за счет использования одного из двух методов восстановительного резервирования (ВР) [2]. В первом методе для восстановления ОР, поврежденного в некотором узле системы используется работоспособный ОР, размещенный в другом узле, ближайшем к узлу с поврежденным ОР. Во втором методе для восстановления поврежденного резерва данных используются специальные архивы магнитных носителей, размещенные в одном или нескольких узлах системы. В отличие от первого метода АМН обрабатывает только запросы на восстановление разрушенного ОР.

Получим условие, определяющее то, при каких условиях будет целесообразно (с точки зрения времени восстановления

разрушенных данных оперативного резерва) использовать АМН в качестве ВР вместо неразрушенного ОР, расположенного в ближайшем узле системы.

Рассмотрим РСОД, работающую на базе однородной вычислительной сети, в которой возможно использование обоих методов восстановительного резервирования. Предположим, что процесс обработки запросов на восстановление в узлах системы с АМН и ОР описывается в терминах системы массового обслуживания типа М/М/1 [3]. На вход такой системы поступает пуассоновский поток запросов на восстановление данных (с интенсивностью λ для узла с ОР и μ для узла с АМН), а время их обслуживания распределено по показательному закону. Будем считать, что время передачи информации по каналам связи (запроса на восстановление и восстановленных копий массивов данных в узел с разрушенным ОР), одинаково для обоих рассматриваемых вариантов метода восстановления ОР. Согласно [3], при сделанных предположениях среднее время T_A восстановления данных при помощи АМН и среднее время T_P восстановления данных при помощи неразрушенного ОР определяются по следующим формулам:

$$T_A = T_n + E_A + w_A = T_n + E_A(1 - \mu E_A)^{-1} \quad (1)$$

$$T_P = T_n + E_P + w_P = T_n + E_P(1 - \lambda E_P)^{-1} \quad (2)$$

В формулах использованы обозначения: T_n – среднее время передачи информации по каналам связи; E_A – среднее время обработки запроса на восстановление данных в узле с АМН; w_A – среднее время ожидания запроса в очереди на обработку в узле с АМН; E_P и w_P – среднее время обработки и ожидания в очереди на обработку запроса в узле с ОР; μ – интенсивность запросов на восстановление, поступающих в узел сети с АМН; λ – интенсивность всех запросов, поступающих в узел сети с неразрушенным ОР.

Очевидно, что с точки зрения величины среднего времени восстановления разрушенного оперативного резерва использование для этой цели АМН нецелесообразно, если $T_P < T_A$, или с учетом (1) и (2):

$$\lambda < \mu + (E_A - E_P)(E_A E_P)^{-1} \quad (3)$$

Таким образом, если справедливо неравенство (3), то, с точки зрения величины среднего времени восстановления разрушенного оперативного резерва в узле системы, целесообразно использовать в качестве восстановительного резерва неразрушенный ОР ближайшего узла вместо АМН.

Рассмотрим несколько примеров использования приведенных выше результатов. Допустим, что РСОД функционирует на базе однородной полносвязной компьютерной сети из N узлов. В узлах системы размещен оперативный резерв, созданный в соответствии со стратегией 1 оперативного резервирования из m копий массивов [1]. В каждый из узлов поступают запросы к массивам данных с интенсивностью λ запросов в единицу времени. Вероятность разрушения одной копии массива данных при обработке одного поступившего запроса к данным равна q .

Определим целесообразность создания в одном из узлов системы архива магнитных носителей объемом m копий массива. Целесообразность создания АМН будем оценивать по оценке величины среднего времени восстановления оперативного резерва.

Так как по условиям примера объемы ОР каждого узла системы совпадают с объемом АМН, то в силу однородности сети получим, что $E_A = E_P$ и условие (3) будет иметь вид:

$$\lambda < \mu \quad (4)$$

Интенсивность μ возникновения в одном узле системы запросов на восстановление разрушенного оперативного резерва из m копий будет равна:

$$\mu = \sum_{n=1}^N \lambda q^m = N \lambda q^m \quad (5)$$

Тогда условие (4) будет эквивалентно следующему неравенству:

$$1 < N q^m \quad (6)$$

Пример 1. Допустим, что $m=3$ и $N=4$.

В этом случае создание АМН нецелесообразно с точки зрения величины среднего времени восстановления ОР при $q > 0.69$.

Однако в реальных системах обработки данных, работающих в установившемся режиме $q < 0.5$. Следовательно, в данном случае создание АМН в системе целесообразно.

Пример 2. Допустим, что $m=3$ и $N=4$.

Определим число узлов системы с ОР, при котором использование только одного узла с АМН для их восстановления будет нецелесообразно, т.е. время ожидания запроса на восстановление данных в очереди на обслуживание в узле с АМН будет больше, чем время ожидания в ближайшем узле с неразрушенным ОР.

Из неравенства (6) при заданных параметрах следует, что

$$N > q^{-3} \quad (7)$$

Тогда при $q = 0.5$ создание только АМН только в одном узле системы будет нецелесообразно для $N \geq 8$, а при $q = 0.1$ для $N \geq 1\,000$.

Пример 3. Рассмотрим случай, когда в системе используется не один, а несколько узлов с АМН. Будем считать, что все возникающие запросы на восстановление разрушенных в узлах ОР распределяются между узлами с АМН равномерно. Обозначим через K число узлов системы с АМН.

Определим то, какое число узлов с АМН должно быть в сети, чтобы среднее время восстановления разрушенного ОР с помощью АМН было меньше, чем с помощью неразрушенного ОР. Из (4) следует, что для этого необходимо не меньше μ/λ узлов с АМН.

Тогда, используя (6), получим, что при условии:

$$5) \quad K \geq Nq^m \quad (8)$$

обработка запросов в узлах с АМН запросов на восстановление разрушенного оперативного резерва будет выполняться за время, меньшее времени обработки в узлах с неразрушенном оперативным резервом.

Пример 4. Пусть $N=30$, $m=2$, $q=0.2$. В этом случае из неравенства (8) следует, что при заданных параметрах в системе необходимо разместить два АМН объемом 2 копии в $K=2$ узлах системы.

Заключение

В работе выполнен анализ условий, при которых целесообразно использование в распределенных системах одного из двух вариантов восстановительного резерва: неразрушенного оперативного резерва или специального архива магнитных

носителей. Получены условия, определяющие целесообразность с точки зрения величины среднего времени восстановления разрушенных данных использования в распределенных системах неразрушенного ОР или АМН в качестве восстановительного резерва.

Работа выполнена в рамках темы: «Фундаментальные исследования по направлению «Модели, методы анализа и синтеза структуры и сценариев развития социально-экономических и технических систем управления, повышения их управляемости и безопасности функционирования в условиях неопределенности, структурных возмущений и чрезвычайных ситуаций» № 0052-2019-0011

Литература:

1. Сомов С.К. Сохранность информации в распределенных системах обработки данных. – М.: ИПУ РАН, 2019. – 254 с.
2. Микрин Е.А., Сомов С.К. Анализ эффективности стратегий восстановления информации в распределенных системах обработки данных // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2016. – №3. – С. 5-19.
3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.

Правиков Д.И.

Концепция информационной безопасности «роя» киберфизических систем

Аннотация: На основании анализа существующих подходов сделан вывод о необходимости разработки для комплексов киберфизических систем новых подходов к обеспечению их информационной безопасности. Показано, что комплекс киберфизических систем может быть описан как множество взаимодействующих прикладных программ. Для обеспечения свойства незамкнутости комплекса киберфизических систем предложено управление безопасностью перенести в распределенный реестр, а определение санкционированности действий осуществлять на основании алгоритма консенсуса.