



УДК 681.518.54; 004.3.001.4

ПОДХОД К КОНТРОЛЮ БОЛЬШИХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА ТОРОИДАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

В. А. Ведешенков

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва

Представлен подход к организации параллельного контроля больших цифровых систем со структурой типа тороидальной решетки. Контроль компонентов системы проводится в три этапа. На первом этапе параллельно проверяются компоненты подсистем, выделенных первичной раскладкой; на втором (третьем) этапе также параллельно проверяются подсистемы, включающие линии связи, смежные с узлами первичной подсистемы справа (снизу). Разработана организация контроля компонентов подсистемы из четырех узлов, расположенных в вершинах квадрата (2×2). Дан пример ее реализации.

ВВЕДЕНИЕ

Для решения задач, трудоемких в вычислительном отношении (например, задач обтекания, уравнений теплопроводности и т. п.), используются проблемно-ориентированные многопроцессорные вычислительные системы, решающее поле которых образует матричную двумерную конфигурацию со связями каждого процессорного элемента (ПЭ) с четырьмя (восемью) соседними ПЭ (например, матричная система в работах [1, 2]). При системном диагностировании больших цифровых систем — моделей многопроцессорных вычислительных систем с регулярной структурой, содержащих сотни и тысячи процессоров, необходимо организовать параллельное выполнение процедур системного диагностирования в различных частях (подсистемах) исходных анализируемых систем. В работе [2] представлен способ выделения подсистем достаточного размера для параллельного диагностирования больших цифровых систем со структурой типа тороидальной решетки. Показано, что для сокращения общего времени диагностирования системы целесообразно выделять подсистемы, состоящие из 9-ти узлов, расположенных в вершине квадрата (3×3).

Далее представлен подход к организации контроля работоспособности больших цифровых систем (БЦС) со структурой типа тороидальной решетки, обеспечивающий достоверную проверку всех компонентов БЦС путем трехэтапного параллельного выполнения проверки ее подсистем, выделенных специальным образом.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исходная ВС с регулярной структурой представлена диагностическим графом вида тороидальной решетки размера ($N \times N$), вершины которого отображают модули (процессоры) системы, причем каждый из них связан ребрами с p ($= 4$) соседними вершинами, тогда L ненаправленных ребер между вершинами отображают линии связи между соответствующими модулями (процессорами). Допускаются устойчивые отказы ограниченного числа вершин и ребер, причем за время проведения процедур контроля новые отказы не возникают. Для описания результатов тестирования модулей, зависящих от технических состояний проверяемого и проверяемого модулей, в работе используется модель Барси—Грандони—Маестрини (БГМ) [3]. Для организации параллельных проверок граф исходной системы разбивается на подсистемы размера ($n \times n$), где $N = gn$. Для проведения контроля в каждой выделенной подсистеме будут использованы процедуры, подобные процедурам самодиагностирования из работы [4]. Запуском и организацией параллельных процессов контроля в различных подсистемах занимается исправный диагностический монитор (ДМ), который находится в процессоре, внешнем по отношению к решетке ПЭ. Требуется разработать подход к организации параллельных процессов контроля в БЦС, обеспечивающий достоверную проверку всех ее компонентов.

2. ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ РАБОТСПОСОБНОСТИ БЦС СО СТРУКТУРОЙ ТИПА ТОРОИДАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

Разработанный подход к организации параллельных процедур контроля БЦС со структурой типа тороидальной решетки заключается в следующем. На этапе разработки системы контроля на графе исходной БЦС раскладываются вплотную квадраты размера $(n \times n)$ и таким образом выделяется g^2 подсистем первичной раскладки S_p , где $I = 0, 1, \dots, (g^2 - 1)$ — номер подсистемы.

Как отмечалось в работе [2], при таком размещении вершины графов смежных подсистем будут разделены ребрами, выходящими из одной подсистемы и входящими в смежную подсистему. Эти ребра не входят ни в одну из подсистем S_I и не будут проверяться при контроле этих подсистем.

Проведем первую реконфигурацию состава проверяемых подсистем: сдвинем границы первичной раскладки на графе исходной системы на один столбец вправо и образуем подсистемы $S_{I,r}$. Тогда все ребра, соединяющие правые вершины любой подсистемы S_I с соответствующими левыми вершинами правой смежной подсистемы S_J , окажутся в составе подсистемы $S_{I,r}$. Проверки этих ребер вместе с вершинами, которые они соединяют, определяют необходимое содержание второго этапа контроля исходной БЦС.

Проведем вторую реконфигурацию состава проверяемых подсистем: сдвинем границы первичной раскладки на графе исходной системы на одну строку вниз и образуем подсистемы типа $S_{I,d}$. Тогда все ребра, соединяющие нижние вершины любой подсистемы S_I с соответствующими верхними вершинами нижней смежной подсистемы S_K , окажутся в составе подсистемы $S_{I,d}$. Проверки этих ребер вместе с вершинами, которые они соединяют, определяют необходимое содержание третьего этапа контроля исходной БЦС.

Информацию о взаимосвязях модулей, входящих в подсистемы S_I , $S_{I,r}$ и $S_{I,d}$, запомним с помощью трех таблиц состава T_I , $T_{I,r}$ и $T_{I,d}$, кроме того, заготовим также три (пустые) рабочие таблицы RT_I , $RT_{I,r}$ и $RT_{I,d}$; таким образом, на этапе разработки системы контроля нужно подготовить по g^2 таблиц состава T_I , $T_{I,r}$ и $T_{I,d}$ и по g^2 рабочих таблиц RT_I , $RT_{I,r}$ и $RT_{I,d}$.

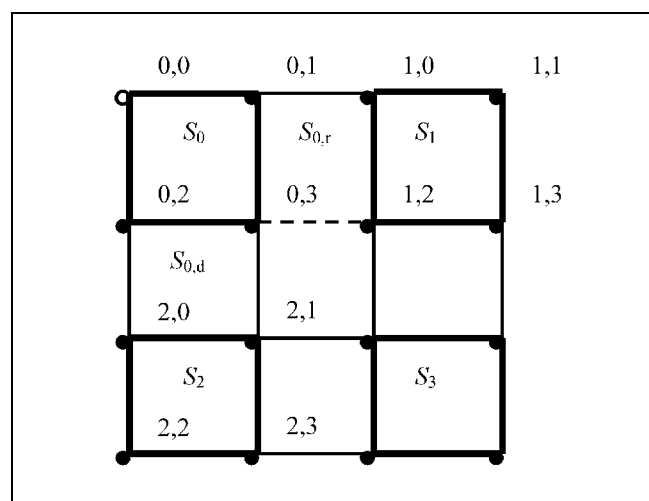
Контроль цифровой системы будет полным, если проверены все модули системы и линии связи в обоих направлениях. Так как увеличение размера (значения n) отдельной подсистемы приводит к увеличению времени ее контроля, то для сокращения времени контроля БЦС благодаря параллельному выполнению процедур контроля в разных подсистемах целесообразно воспользоваться разбиением общего графа на подсистемы размера (2×2) ; при этом будет обеспечена диагностика только с точностью до подсистемы: данная подсистема — работоспособна или нет. Напомним, что в работе [2] предлагается разделять БЦС на подсистемы размера (3×3) , что позволяет организовать диагностику уже с точностью до отдельных компонентов графа БЦС — модуля и ребра.

Характерное свойство модели БГМ состоит в том, что нулевое значение результата проверки исправного модуля не зависит от состояния (исправен—неисправен) проверяющего модуля. Другими словами, нулевой результат проверки служит «индикатором» исправности проверенного модуля и «индикатором» достоверности результатов тех проверок, которые затем будет выполнять этот модуль.

Поэтому в разработанном методе контроля передача управления очередному проверяющему модулю выполняется только в том случае, если его проверка дала нулевой результат (в терминологии работы [5], передача по 0-путям).

Для реализации последовательного выполнения проверок разными проверяющими модулями на диагностическом графе каждой подсистемы S_I , $S_{I,r}$ и $S_{I,d}$ выберем такой путь, который обеспечит обход всех вершин диагностического графа каждой исправной подсистемы. Для подсистемы размера (2×2) , граф которой имеет вид кольца, возможны два варианта такого пути: прямой и обратный, и четыре варианта выбора начала пути. Критерием выбора начальных вершин и направления прохождения по кольцу назовем общую вершину $m_{i,fin}$ окончания трех путей, обходящих графы исправных подсистем S_I , $S_{I,r}$ и $S_{I,d}$.

Для иллюстрации на рисунке показан граф фрагмента тороидальной решетки, содержащего четыре смежных подсистемы S_0 , S_1 , S_2 и S_3 размера (2×2) . Вершины показаны зачерненными кружками, внутренние ребра каждой подсистемы — утолщенными линиями, а дуги между подсистемами — более тонкими линиями. Пары цифр, разделенных запятой: 0,0; 0,1; ..., 2,2; 2,3; определяют номера вершин, расположенных на пересечении ближайшего к номеру левого столбца и ближайшей к нему нижней строки; первая цифра в номере является номером подсистемы, в которую входит эта вершина, а вторая цифра — номером вершины в этой подсистеме. В общем случае, для БЦС номер подсистемы может



Граф фрагмента тороидальной решетки



быть и многозначным числом, а не цифрой, как в данном примере.

Квадрат, включающий в себя вершины с номерами 0,0; 0,1; 0,2; 0,3, определяет состав подсистемы S_0 . После сдвига ее границ вправо на один столбец получим подсистему $S_{0,r}$, включающую в себя вершины 0,1; 0,3; 1,0; 1,2 и ребра (0,1—1,0), (0,3—1,2), соединяющие подсистемы S_0 и S_1 . После сдвига границ подсистемы S_0 вниз на одну строку получим подсистему $S_{0,d}$, включающую в себя вершины 0,2; 0,3; 2,0; 2,1 и ребра (0,2—2,0), (0,3—2,1), соединяющие подсистемы S_0 и S_2 .

Возвращаясь к графу на рисунке, для подсистем S_0 , $S_{0,r}$ и $S_{0,d}$ выберем такие пути, которые оканчиваются в одной и той же вершине $m_{0,fin} = 0,3$ (опуская символ модуля и ограничиваясь только номерами модулей):

$$P(S_0) = 0,1 \rightarrow 0,0 \rightarrow 0,2 \rightarrow 0,3;$$

$$P(S_{0,r}) = 0,1 \rightarrow 1,0 \rightarrow 1,2 \rightarrow 0,3;$$

$$P(S_{0,d}) = 0,2 \rightarrow 2,0 \rightarrow 2,1 \rightarrow 0,3.$$

Взаимное положение модулей в выбранных путях $P(S_0)$, $P(S_{0,r})$, $P(S_{0,d})$ запомним так: в строках $C_{0,j}$ ($C_{0,r,j}$, $C_{0,d,j}$) таблицы состава (табл. 1) T_0 ($T_{0,r}$, $T_{0,d}$), первым приемником модуля m_j запишем тот модуль m_{k1} , который является соседом справа модуля m_j в выбранном пути.

В начале процесса контроля БЦС диагностический монитор выдает сигнал на проведение процедур конт-

роля во всех подсистемах S_j , результаты которых запоминаются в соответствующих рабочих таблицах RT_j . По истечении определенного времени Δt_1 ДМ выдает сигнал на проведение контроля во всех подсистемах $S_{j,r}$, результаты которых запоминаются в соответствующих таблицах $RT_{j,r}$. Точно также, по истечении определенного времени Δt_2 ДМ выдает сигнал на проведение контроля во всех подсистемах $S_{j,d}$, результаты которых запоминаются в таблицах $RT_{j,d}$. Наконец, по истечении определенного времени Δt_3 ДМ собирает результаты проверок из всех модулей $m_{l,fin}$, $m_{l,r,fin}$, $m_{l,d,fin}$, в которых заканчиваются пути проверки подсистем S_j , $S_{j,r}$ и $S_{j,d}$; обрабатывает их и формирует диагноз: все компоненты подсистем S_j исправны или некоторые из них содержат компоненты, подозреваемые в отказе.

В случае исправности всех компонентов БЦС процедуры контроля будут выполняться по выбранным путям проверки каждой из подсистем S_j , $S_{j,r}$ и $S_{j,d}$. Если пути проверки подсистем S_j , $S_{j,r}$ и $S_{j,d}$ выбраны так, что заканчиваются общим модулем $m_{l,fin}$, то число модулей, из рабочих таблиц которых нужно собирать информацию, сокращается втрое, что сокращает общее время контроля.

А. Остановимся подробнее на организации процедур контроля в каждой подсистеме S_j в БЦС со структурой типа тороидальной решетки. В начале контроля ДМ выдает команду во все подсистемы S_j . По этой команде в каждой подсистеме S_j начальный модуль m_n должен выполнить следующие действия:

- из таблицы T_j выделить строку $C_{l,n}$, переписать ее в рабочую таблицу RT_j (пока пустую), найти в строке $C_{l,n}$ номера приемников m_{k1} , m_{k2} , ...; проверить их технические состояния и в клетки $r_{n,k1}$, $r_{n,k2}$, ... строки $C_{l,n}$ таблицы RT_j записать результаты проверок в двоичном коде: 0 — правильно, 1 — неправильно;
- оценить результаты проверок:
 - если $r_{n,k1} = 0$, то передать копию таблицы RT_j и управление процессом контроля модулю m_{k1} — соседу справа модуля m_n в выбранном пути проверки;
 - если $r_{n,k1} = 1$, но один из других результатов (например, $r_{n,k2}$) — нулевой, то передать копию таблицы RT_j и управление процессом контроля соответствующему модулю (модулю m_{k2});
- если же проверки всех приемников m_n дали единичные результаты, то модуль m_n останавливает процесс контроля данной подсистемы S_j .

Исправный модуль m_j ($\equiv m_{k1}$ или m_{k2} , но не начальный модуль m_n), получив управление от модуля m_n :

— из таблицы T_j выделяет строку $C_{l,j}$, переписывает ее в рабочую таблицу RT_j , находит в строке $C_{l,j}$ номера приемников m_{k1} , m_{k2} , ..., проверяет их состояния и в соответствующие клетки строки $C_{l,j}$ записывает двоичные результаты проверок:

— если результаты всех проверок — нулевые, то передает копию таблицы RT_j и управление процессом контроля модулю m_{k1} ;

— если же получен хотя бы один единичный результат, то останавливает процесс контроля.

Каждый из следующих модулей выполняет аналогичные действия. Этот процесс проверок и «хождения» по

Таблица 1

Таблицы состава подсистем S_0 , $S_{0,r}$, $S_{0,d}$

Строки $C_{0,j}$ $C_{0,r,j}$, $C_{0,d,j}$	Проверяющий модуль m_j	Проверяемые модули, результаты их проверок			
		m_{k1}	$r_{j,k1}$	m_{k2}	$r_{j,k2}$
T_0					
$C_{0,0,1}$	0,1	0,0	—	0,3	—
$C_{0,0,0}$	0,0	0,2	—	0,1	—
$C_{0,0,2}$	0,2	0,3	—	0,0	—
$C_{0,0,3}$	0,3	0,1	—	0,2	—
$T_{0,r}$					
$C_{0,r,0,1}$	0,1	1,0	—	0,3	—
$C_{0,r,1,0}$	1,0	1,2	—	0,1	—
$C_{0,r,1,2}$	1,2	0,3	—	1,0	—
$C_{0,r,0,3}$	0,3	0,1	—	1,2	—
$T_{0,d}$					
$C_{0,d,0,2}$	0,2	2,0	—	0,3	—
$C_{0,d,2,0}$	2,0	2,1	—	0,2	—
$C_{0,d,2,1}$	2,1	0,3	—	2,0	—
$C_{0,d,0,3}$	0,3	0,2	—	2,1	—

выбранному пути заканчивается, когда управление переходит к конечному модулю $m_{l,fin}$, который после выполнения своих проверок, запоминания их результатов закрывает таблицу RT_l от изменений, отметив знаком «*» символ последней строки.

Такой детерминированный путь обхода вершин графа подсистемы S_l возможен только при исправном состоянии всех ее компонентов.

Б. Спустя заранее определенное время Δt_1 после начала контроля подсистем S_l ДМ выдает начальным модулям m_n команду на выполнение контроля в подсистемах $S_{l,r}$. Действия модуля m_n и его исправных преемников аналогичны описанным ранее для модуля m_n и его преемников в подсистеме S_l . Различия связаны с заменой используемых таблиц: T_l на $T_{l,r}$, RT_l на $RT_{l,r}$; и входящих в них строк: $C_{l,n}$ на $C_{l,r,n}$, $C_{l,j}$ на $C_{l,r,j}$, $C_{l+1,r,j}$. Как и в подсистемах S_l , конечный модуль $m_{l,r,fin}$ после выполнения своих проверок, запоминания их результатов закрывает таблицу $RT_{l,r}$ для изменений.

В. После получения команды от ДМ модули m_n начинают выполнение контроля подсистем $S_{l,d}$. Их действия и действия исправных преемников аналогичны описанным ранее для модулей m_n и его преемников в подсистемах $S_{l,r}$.

Г. Как отмечалось, спустя определенное время Δt_3 после второй реконфигурации ДМ собирает результаты проверок в виде таблиц RT_l , $RT_{l,r}$, $RT_{l,d}$ с конечных модулей $m_{l,fin}$, $m_{l,r,fin}$ и $m_{l,d,fin}$ путей проверки подсистем S_r , $S_{l,r}$ и $S_{l,d}$, обрабатывает их и формирует диагноз технического состояния компонентов БЦС. Если три пути проверки подсистем с одинаковым номером l заканчиваются общим модулем $m_{l,fin}$, то ДМ считывает содержимое таблиц RT_l , $RT_{l,r}$ и $RT_{l,d}$ из этого модуля $m_{l,fin}$.

Обработка информации из таблиц RT_l , $RT_{l,r}$ и $RT_{l,d}$ сводится к считыванию результатов проверок из соответствующих клеток этих таблиц и сравнению их с нулевым эталоном:

— если все результаты проверок совпадают с эталоном, то исправны все компоненты, участвовавшие в этих проверках;

— при несовпадении в составе проверенных подсистем есть компоненты, подозреваемые в отказе.

3. ПРИМЕР

Особенности разработанной организации контроля БЦС со структурой типа тороидальной решетки покажем на примере контроля подсистемы S_0 и подсистем $S_{0,r}$, $S_{0,d}$, образующихся после двух реконфигураций подсистемы S_0 . Предположим, что между сеансами контроля в системе накопились отказы модуля с номером 0,0 (показан на рисунке пустым кружком) и примыкающей к подсистеме S_0 линии связи (1,2—0,3), показанной пунктиром.

А. В начале контроля по команде ДМ начальный модуль 0,1 в подсистеме S_0 выполняет следующие действия:

— из таблицы T_0 (см. табл. 1) выделяет строку $C_{0,0,1}$, переписывает ее в рабочую таблицу RT_0 (пока пустую в

табл. 2), находит в строке $C_{0,0,1}$ номера преемников 0,0; 0,3, проверяет их технические состояния и в клетки $r_{j,k1}$, $r_{j,k2}$, ... строки $C_{0,0,1}$ записывает результаты проверок в двоичном коде: 0 — правильно, 1 — неправильно;

— оценивает результаты проверок: так как $r_{j,k1} = 1$ (результат проверки модуля 0,0), но $r_{j,k2} = 0$ (результат проверки модуля 0,3), то передает копию таблицы RT_0 и управление процессом контроля модулю 0,3 (нулевой результат, по которому передается управление, здесь и в последующих строках показан полужирным шрифтом).

Исправный модуль 0,3, получив управление от модуля 0,1:

— из таблицы T_0 выделяет строку $C_{0,0,3}$, переписывает ее в рабочую таблицу RT_0 , находит в строке $C_{0,0,3}$ номера преемников 0,1; 0,2; проверяет их состояния и в соответствующие клетки строки $C_{0,0,3}$ записывает нулевые результаты проверок, передает копию таблицы RT_0 и управление процессом контроля модулю 0,2. Модуль 0,2, получив управление от модуля 0,3, проверит своих преемников, обнаружит, что $r_{j,k2} = 1$, и остановит процесс контроля.

Б. Спустя заранее определенное время Δt_1 после контроля подсистемы S_0 ДМ выдает начальному модулю 0,1 команду на выполнение контроля подсистемы $S_{0,r}$. Дальнейшие действия модуля 0,1 и последующих модулей аналогичны описанным ранее для модуля 0,1 и его преемников в подсистеме S_0 . Различия связаны с заменой используемых таблиц: T_0 на $T_{0,r}$, RT_0 на $RT_{0,r}$; и входящих в них строк $C_{0,j}$ на $C_{0,r,j}$. В строке $C_{0,r,0,1}$ таблицы $RT_{0,r}$ (см. табл. 2) показаны результаты проверок $r_{j,k1} = r_{j,k2} = 0$ модулем 0,1 его преемников — модулей

Таблица 2

Информация к Примеру

Строки $C_{0,j}$, $C_{0,r,j}$, $C_{0,d,j}$	Проверяющий модуль	Проверяемые модули, результаты их проверок			
	m_j	m_{k1}	$r_{j,k1}$	m_{k2}	$r_{j,k2}$
RT_0					
$C_{0,0,1}$	0,1	0,0	1	0,3	0
$C_{0,0,3}$	0,3	0,1	0	0,2	0
$C_{0,0,2}$	0,2	0,3	0	0,0	1
$RT_{0,r}$					
$C_{0,r,0,1}$	0,1	1,0	0	0,3	0
$C_{0,r,1,0}$	1,0	1,2	0	0,1	0
$C_{0,r,1,2}$	1,2	0,3	1	1,0	0
$RT_{0,d}$					
$C_{0,d,0,2}$	0,2	2,0	0	0,3	0
$C_{0,d,2,0}$	2,0	2,1	0	0,2	0
$C_{0,d,2,1}$	2,1	0,3	0	2,0	0
* $C_{0,d,0,3}$	0,3	0,2	0	2,1	0



1,0 и 0,3; так как эти результаты — нулевые, модуль 0,1 передает копию таблицы $RT_{0,r}$ и управление процессом контроля модулю 1,0. Из следующей строки $C_{0,r,1,0}$ таблицы $RT_{0,r}$ видно, что, получив нулевые результаты проверок, модуль 1,0 передает копию таблицы $RT_{0,r}$ и управление процессом контроля модулю 1,2. Проверив своих приемников, модуль 1,2 обнаружит, что $r_{j,k1} = 1$, и остановит процесс контроля в подсистеме $S_{0,r}$.

В. Спустя заранее определенное время Δt_2 после контроля подсистемы $S_{0,r}$ ДМ выдает начальному модулю 0,2 команду на выполнение контроля подсистемы $S_{0,d}$. Результаты действий модуля 0,2 и последующих модулей 2,0; 2,1 и 0,3 показаны в таблице $RT_{0,d}$ (см. табл. 2). Так как последний модуль 0,3 не нашел исправного модуля, не исполнившего функций проверяющего, то он закрыл таблицу $RT_{0,d}$ для изменений, отметив знаком «*» символ строки $C_{0,d,0,3}$.

Г. Спустя определенное время Δt_3 после начала проверки подсистемы $S_{0,d}$ ДМ собирает результаты проверок в виде таблиц $RT_{0,r}$, $RT_{0,r}$ и $RT_{0,d}$ с конечного модуля $m_{0,fin} = 0,3$ путей проверки подсистем $S_{0,r}$ и $S_{0,d}$. Так как только в подсистеме $S_{0,d}$ процесс контроля закончился в конечном модуле 0,3, ДМ считает только таблицу $RT_{0,d}$, не обнаружит других таблиц ($RT_{0,r}$, $RT_{0,r}$) и сформирует диагноз: среди проверенных компонентов подсистем $S_{0,r}$ и $S_{0,d}$ есть компоненты, подозреваемые в отказе.

Для установления более точного диагноза нужно считать результаты проверок, хранящиеся в таблице $RT_{0,r}$ в модуле 0,2 и в таблице $RT_{0,r}$ в модуле 1,2. Объединив информацию из таблиц $RT_{0,r}$, $RT_{0,r}$ и $RT_{0,d}$ и обработав ее, например, с помощью метода из работы [6], получим следующий диагноз:

— подозреваются в отказе модуль 0,0 и линия связи (1,2—0,3), что совпадает с исходной отказовой ситуацией;

— исправны остальные 7 модулей, входящие в подсистемы $S_{0,r}$, $S_{0,r}$ и $S_{0,d}$;

— исправны 14 линий связи;

— не определено состояние двух линий: (0,1—0,0), (0,2—0,0), так как отказавший модуль 0,0 «маскирует» состояние инцидентных линий;

— не определено состояние трех линий: (0,0—0,1), (0,0—0,2), (0,3—1,2), так как соответствующие проверки не выполнялись.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход к организации параллельных процессов контроля больших цифровых систем со структурой типа тороидальной решетки заключается в следующем. На этапе разработки системы контроля на графе исходной большой цифровой системы раскладываются в плотную квадраты размера (2×2) и таким образом выделяются подсистемы первичной раскладки S_r ,

Затем выполняется первая реконфигурация состава выделенных подсистем: путем сдвига границ подсистем первичной раскладки вправо на один столбец формируются подсистемы $S_{l,r}$. Далее выполняется вторая реконфигурация границ подсистем первичной раскладки: путем их сдвига вниз на одну строку формируются подсистемы $S_{l,d}$.

В начале процесса контроля БЦС диагностический монитор выдает сигнал на проведение контроля в подсистемах S_r , результаты которого запоминаются в рабочих таблицах RT_r . По истечении определенного времени ДМ выдает сигнал на проведение контроля в подсистемах типа $S_{l,r}$, результаты которого запоминаются в рабочих таблицах $RT_{l,r}$. Точно также, по истечении определенного времени ДМ выдает сигнал на проведение контроля в подсистемах типа $S_{l,d}$, результаты которого запоминаются в рабочих таблицах $RT_{l,d}$. Наконец, по истечении определенного времени ДМ собирает результаты проверок из всех модулей $m_{l,fin}$, $m_{l,r,fin}$ и $m_{l,d,fin}$, в которых заканчиваются пути проверки исправных подсистем S_r , $S_{l,r}$ и $S_{l,d}$, обрабатывает их и формирует диагноз: все компоненты проверенной БЦС исправны или она содержит компоненты, подозреваемые в отказе.

Автор выражает благодарность д-ру техн. наук М. Ф. Каравая за доброжелательное прочтение рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *О структуре вычислителя для решения задач обтекания. Комплексный подход к проектированию / А. Н. Андриянов, К. И. Бабенко, А. В. Забродин и др. // Вычислительные процессы и системы. — М.: Наука, 1985. — Вып. 2. — С. 13—62.*
2. *Ведешенков В. А. Способ выделения подсистем достаточного размера для параллельного диагностирования больших цифровых систем с регулярной структурой // Проблемы управления. — 2006. — № 5. — С. 74—79.*
3. *Ведешенков В. А. О диагностировании отказавших модулей и связей в цифровых системах с использованием модели БГМ // Автоматика и телемеханика. — 2002. — № 2. — С. 159—171.*
4. *Ведешенков В. А. Организация самодиагностирования технического состояния цифровых систем // Там же. — 2003. — № 11. — С. 165—182.*
5. *Пархоменко П. П. Определение технического состояния многопроцессорных вычислительных систем путем анализа графа синдромов // Там же. — 1999. — № 5. — С. 126—135.*
6. *Ведешенков В. А. Самодиагностирование возникающих отказов и их устранение в цифровых системах с реконфигурацией // Проблемы управления. — 2004. — № 3. — С. 48—61.*

(495) 334-75-90

e-mail: vva@19.ipu.rssi.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. Д. Малюгиным. □